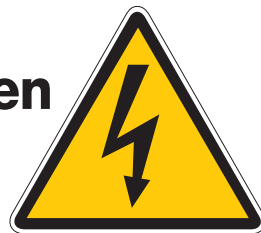


Sicherheit in Elektro-Ausbildungsstätten

Experimentieren mit elektrischer Energie
in Unterrichts- und Werkräumen

BG-Praxis



BG

Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft
Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft

■ Heuchel

Sicherheit in Elektro-Ausbildungsstätten

BG-Praxis

Experimentieren mit elektrischer Energie
in Unterrichts- und Werkräumen

1. Auflage · Ausgabe Januar 2009



Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft
Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft

Information zum Bildmaterial

Der Verfasser bedankt sich bei nachfolgend aufgeführter Körperschaft sowie den Unternehmen, die in sehr kooperativer Weise bereit waren, Aufnahmen von ausbildungsplatzbezogenem Bildmaterial zur Verfügung zu stellen oder zu ermöglichen.

BUK Bundesverband der Unfallkassen, Fockensteinstr. 1, 81539 München

Doepke Schaltgeräte GmbH & Co. KG, Stellmacherstr. 11, 26506 Norden

ELABO GmbH, Roßfelder Str. 56, 74564 Crailsheim

erfi Ernst Fischer GmbH & Co., Alte Poststr. 8, 72250 Freudenstadt

Miele & Cie. KG, Mielestr. 2, 33611 Bielefeld

Multi-Contact Deutschland GmbH, Hegenheimer Str. 19, 79576 Weil am Rhein

Westfalia Separator AG, Werner-Habig-Str. 1, 59302 Oelde

WILO AG, Nortkirchenstr. 100, 44263 Dortmund

Titelbild: Experimentierbereich in einer Elektro-Ausbildungswerkstatt

Impressum

Herausgeber: Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft
Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft
Kreuzstraße 45 · 40210 Düsseldorf
Telefon (02 11) 82 24-8 31 · Telefax (02 11) 82 24-866
Internet: www.mmbg.de · www.hwbg.de
E-Mail: elektrotechnik@mmbg.de

Autor: Rüdiger H. F. Heuchel
Präventionsabteilung · Fachstelle „Elektrotechnik“

Gesamtherstellung: Verlag Technik & Information e.K., Bochum
Telefon (02 34) 9 43 49-0 · Telefax (02 34) 9 43 49-21
Internet: www.vti-bochum.de · E-Mail: info@vti-bochum.de

Ausgabe: 01.2009

Vorwort

Bei Elektro-Ausbildungsstätten, mit Übungs- und Versuchseinrichtungen, handelt es sich um Unterrichtsräume oder -bereiche, die der Wissensvermittlung dienen.

Dazu gehört auch das Experimentieren mit elektrischen Betriebsmitteln, Baugruppen, Bauteilen oder elektrischen Einrichtungen zu fachpraktischen Übungs- oder Versuchszwecken, z. B. in Ausbildungswerkstätten, Werk- und Praktikumsräumen.

Bei solchen Einrichtungen ist ein vollständiger Berührungsschutz aufgrund der Geräteanordnung und des Übungsaufbaus nicht immer sichergestellt. Es können Gehäuseabdeckungen bzw. -verkleidungen entfernt sein, auch werden zur Störungssuche und Fehlereingrenzung Messungen an aktiven unter gefährlicher Spannung stehenden Teilen des Übungs- oder Verdrahtungsaufbaus vorgenommen.

Derartige Arbeiten, wie sie von Experimentierenden in Ausbildungsstätten unter der Nutzung von elektrischer Energie an oder in der Nähe von berührungsgefährlichen Teilen bei Schaltungs- und Messaufgaben vorgenommen werden, erfordern das Vorhandensein einer den Regelwerken entsprechenden Experimentier-

stätte, die eine höchstmögliche Sicherheit bei der Arbeit gewährleistet.

Immer wenn Gefahr durch elektrischen Schlag besteht, sind technische und organisatorische Maßnahmen zu treffen, denn nur eine vorschriftsmäßig eingerichtete Elektro-Ausbildungsstätte bietet die Gewähr für die notwendige, alle gegenwärtige Erkenntnisse berücksichtigende Arbeitssicherheit und ermöglicht die in jeder Hinsicht ordnungsgemäße und in hohem Maße sichere Durchführung von Übungen und Experimentierarbeiten.

An dieser Stelle dankt der Verfasser allen internen und externen Fachleuten, die geholfen haben dieses Werk zusammen zu stellen.

Ein besonderer Dank geht an *Herrn Dipl.-Ing. Dieter Seibel* von der Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik, Köln sowie an

Herrn Dipl.-Ing. Alfred Geilhausen von der Universität Siegen, Fachbereich Elektrotechnik und Informatik – Institut für Leistungselektronik und elektrische Antriebe – für die konstruktive Zuarbeit.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Begriffe	10
3 Errichtung von Experimentiereinrichtungen	16
Anforderungen an den Fehlerschutz	16
Geräte zum Trennen und Schalten	17
Handlung im Notfall	18
Sicherheitskennzeichnungen	18
Einpolige Anschlussstellen	19
Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich	21
Fußböden	21
Einrichtungsgegenstände	22
Bewegungsfreiheit und Gangbreiten	22
4 Betreiben von Experimentiereinrichtungen	24
Allgemeines	24
Anforderungen an Ausbilder und Lehrkräfte	26
Einweisung und Sicherheitsunterweisung	26
Übungs- und Versuchsaufbau	28
Verwendung einpoliger Experimentierleitungen	29
Benutzung von Mess- und Prüfgeräten	33
Inbetriebnahme	37
Durchführung von Übungen/Versuchen	39
Außerbetriebnahme	42
Regelmäßige Unterweisung/Unterrichtung/Ausbildung	43
Aushänge, Einrichtungen und Regelungen	44
5 Prüfungen	46
6 Anhang	48
Checkliste zum sicheren Betreiben	48
Ausbildungs-Rahmenordnung (Muster)	51
Ausbildungs-Werkstattordnung (Muster)	52
Arbeits-/Betriebsanweisung (Muster)	53
Unterweisungsnachweis, Beispiel	54
Wichtige Regelwerke	55

Einleitung

Die in dieser BG-Praxis enthaltenen Beschaffenheitsanforderungen, Benutzungsmerkmale sowie insbesondere die elektrotechnischen Sicherheitserfordernisse, dienen der Arbeitssicherheit und dem Gesundheitsschutz in Elektro-Ausbildungsstätten während der Durchführung von fachpraktischen Ausbildungsschritten.

Ältere elektrische Anlagen von Elektro-Ausbildungsstätten, die nach den zum Errichtungszeitpunkt gültigen Bestimmungen normenkonform errichtet wurden, entsprechen in vielen Bereichen nicht mehr dem heutigen Stand der Technik.

Für derartige Experimentiereinrichtungen, die vor oder nach dem erstmaligen Inkrafttreten von VDE 0100-723 [17] am 01. November 1990 errichtet wurden oder sich in Planung befanden, ist jedoch keine Anpassungspflicht festgelegt.

Gleichwohl kann eine Nachrüstung auf den Stand der aktuellen Errichtungsbestimmung erforderlich werden, wenn im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung, unter Einbeziehung der jetzt gültigen Betriebsbestimmungen, die Notwendigkeit einer Anpassung bzw. Umrüstung erkannt wird.

Das ordnungsgemäße Betreiben von Experimentiereinrichtungen muss in jedem Fall gemäß der Betriebssicherheitsverordnung [4], Technischen Regel für Betriebssicherheit 2131 [7], Unfallverhütungsvorschrift BGV A 3 [9] sowie den elektrotechnischen Regeln VDE 0105-100 [20], insbesondere VDE 0105-112 [21] und ggf. VDE 0104 [19] organisiert werden.

Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung

Für Experimentiereinrichtungen ist generell eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen.

In den §§ 5 und 6 des Arbeitsschutzgesetzes [1], im Abschnitt 2, § 3 der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [4] sowie im zweiten Kapitel, § 3 der Unfallverhütungsvorschrift BGV A 1 „Grundsätze der Prävention“ [8] wird von den für den Arbeitsschutz Verantwortlichen gefordert,

Auszubildender in einer Ausbildungswerkstatt

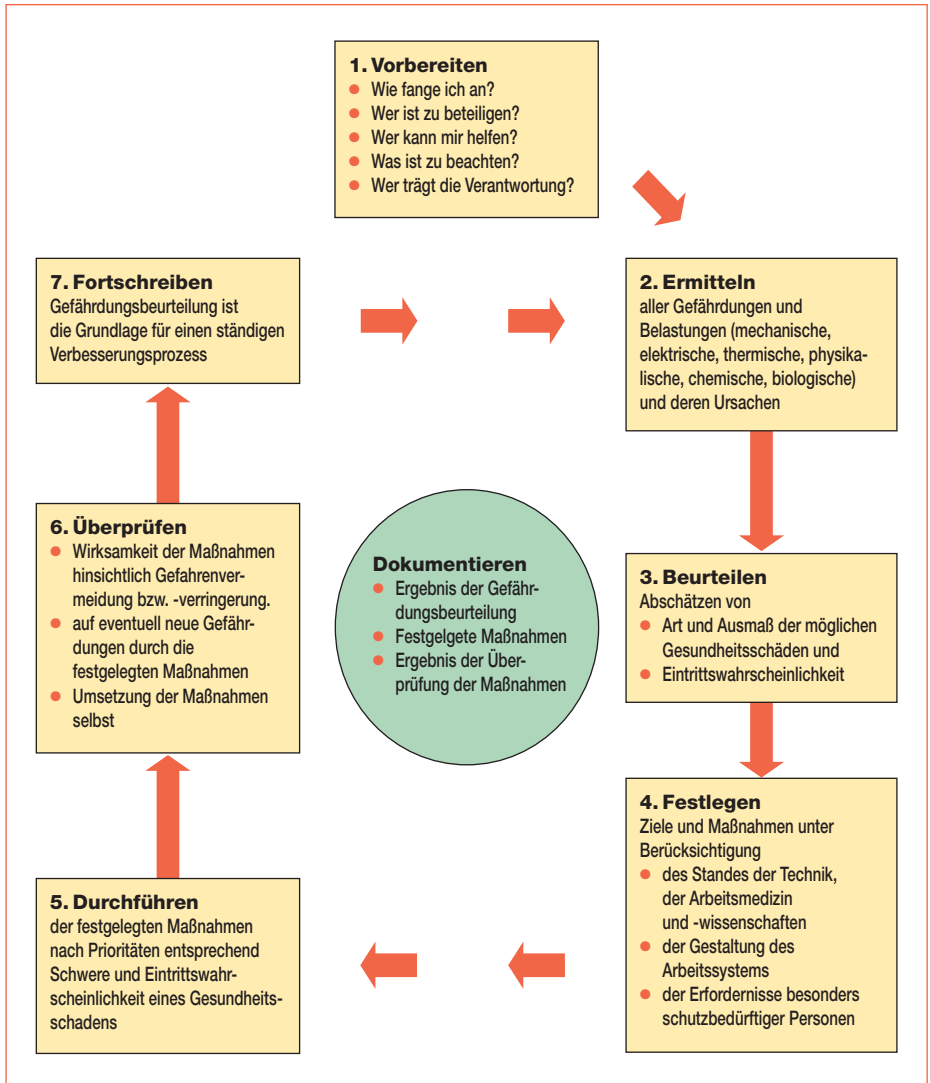


- dass sie die Gefährdungen und Belastungen an allen Arbeitsplätzen ermitteln und beurteilen,
- notwendige Maßnahmen zur Beseitigung oder zumindest zur Verringerung der Gefährdungen und Belastungen festlegen und durchführen,

- die Wirksamkeit der Maßnahmen in regelmäßigen Abständen überprüfen und
- die Gefährdungsbeurteilung fort-schreiben.

Die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Gefährdungsbeurteilung



1

Anwendungsbereich

Diese BG-Praxis dient dem Schutz von Personen und Sachgütern beim Experimentieren, Üben und Versuchen mit elektrischer Energie in Räumen und Bereichen von Elektro-Ausbildungsstätten oder in dafür vorgesehenen Bereichen, soweit dabei Gefährdungen durch die Berührung gefährlicher Teile oder durch die Einwirkung von Lichtbogenbildung auftreten können.

Sie enthält Erläuterungen zur Errichtung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel sowie Maßnahmen und Hinweise zum Schutz des Experimentierenden gegen elektrischen Schlag, die die Sicherheit beim Betreiben gewährleisten.

Die BG-Praxis gilt für Experimentierspannungen bis 1000 V. Bei Spannungen

Übungsstände in einer Gewerbeschule



gen über 1 kV müssen zusätzliche Anforderungen erfüllt werden, die in VDE 0104 (DIN EN 50191) beschrieben sind.

Sie gilt nicht für elektrische Anlagen und Betriebsmittel in Experimentiereinrichtungen, die über einen Basisschutz verfügen, über Steckvorrichtungen oder fest angeschlossen sind und bei denen ein Fehlerschutz wirksam ist. So wie bei Betriebsmitteln, die für den Gebrauch durch Laien vorgesehen sind, z. B. Projektoren, Multimedia-Geräten, Tischventilatoren, Heizgeräte, Staubsauger, Lötgeräte, usw. und diese bestimmungsgemäß benutzt werden.

Die BG-Praxis ist ebenfalls nicht anzuwenden, wenn die Speisepunkte der Experimentiereinrichtungen aus SELV- oder PELV-Kleinspannungsquellen mit maximal 50 V AC oder 120 V DC versorgt werden.

Übungsplatz in einer Ausbildungswerkstatt



2

Begriffe

Aktive Teile

sind elektrisch leitfähige Teile, die im ungestörten Betrieb unter Spannung stehen können.

Anlagenverantwortlicher

ist eine Person, die beauftragt ist, die unmittelbare Verantwortung für den Betrieb der elektrischen Anlage zu tragen. Erforderlichenfalls kann diese Verantwortung teilweise auf andere Personen übertragen werden.

Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln

in Experimentierbereichen umfassen das Herstellen, Errichten, Aufbauen, Verdrahten, Beschalten, Umbauen, Prüfen, Inbetriebnehmen, Instandhalten und das Ändern im Rahmen der durchzuführenden Versuche und Übungen.

Arbeitsmittel

sind Werkzeuge, Geräte, Maschinen oder Anlagen. Anlagen setzen sich aus mehreren Funktionseinheiten zusammen, die zueinander in Wechselwirkung stehen und deren sicherer Betrieb wesentlich von diesen Wechselwirkungen bestimmt wird.

Arbeitsverantwortlicher

ist derjenige, der für die Freigabe einer Anlage zum Arbeiten verantwortlich ist.

Er wird beauftragt, um die unmittelbare Verantwortung für die Durchführung der Arbeit zu tragen.

Erforderlichenfalls kann diese Verantwortung teilweise auf andere Personen übertragen werden.

Aufsichtführende Person

ist eine Person, die durch den Ausbilder oder die Lehrkraft nach einer Unterrichtung über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren, auch bei unsachgemäßem Verhalten sowie Unterweisung über die vorhandenen Schutzeinrichtungen und notwendigen Maßnahmen eingesetzt wird.

Ausbilder/Lehrkraft

können aufgrund ihrer Ausbildung und Kenntnisse (z. B. über ihr Fachgebiet, Vorschriften und Normen) sowie aufgrund ihrer Erfahrungen, die von ihnen geleiteten oder auszuführenden Experimente mit elektrischer Energie beurteilen und mögliche Gefahren erkennen.

Ausbildungsstätten

sind Einrichtungen in denen theoretische und/oder praktische Ausbildungsinhalte vermittelt werden, z. B. in Lehrwerkstätten, inner- und überbetrieblichen Ausbildungseinrichtungen, Ausbildungszentren, Instituten, allgemeinbildenden und berufsbildenden Schulen, Gewerbeschulen.

Außer Betrieb

ist eine Experimentiereinrichtung, bei der die Stromversorgung ausgeschaltet und gegen unbefugtes Einschalten gesichert ist.

Basisschutz

ist ein Schutz gegen elektrischen Schlag, wenn keine Fehlerzustände vorliegen.

Bedienen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel

ist das Stellen, Steuern, Regeln und Beobachten.

Befähigte Person

ist eine Person, die durch ihre Berufsausbildung, ihre Berufserfahrung und ihre zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt.

Berührungsfährliches Teil

Ein Teil ist berührungsfährlich, wenn es unter gefährlicher Spannung steht und berührbar ist.

Berührungsschutz

Konstruktive Vorkehrungen an elektrischen Betriebsmitteln, die dem Schutz vor zufälliger Berührung unter gefährlicher Spannung stehender Teile dienen.

Bestimmungsgemäßer Betrieb

Betrieb, einschließlich der Bereitschaft zum Betrieb, entsprechend den Betriebsanleitungen oder dem offensichtlich beabsichtigten Zweck. In den meisten Fällen setzt der bestimmungsgemäße Betrieb normale Bedingungen voraus, weil die Betriebsanleitungen vor dem Betrieb des Geräts unter nicht normalen Bedingungen warnen.

Elektrische Gefährdung

ist die Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch das Vorhandensein elektrischer Energie in einer Anlage oder einem Betriebsmittel.

Elektrofachkraft

ist, wer auf Grund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann.

Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten

ist, wer auf Grund seiner fachlichen Ausbildung in Theorie und Praxis, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der bei diesen Tätigkeiten zu beachtenden Bestimmungen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann.

Die Durchführungsanweisungen der Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 legen zusätzliche Merkmale fest. Z. B. gleichartige, sich wiederholende Arbeiten bis 1000 V AC, bzw. 1500 DC und grundsätzlich nur im freigeschalteten Zustand.

Elektrotechnisch unterwiesene Person

ist, wer durch eine Elektrofachkraft über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angelernt sowie über die notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde.

Elektrotechnischer Laie

ist eine Person, die weder Elektrofachkraft, noch elektrotechnisch unterwiesene Person.

Energiezellen

sind Baueinheiten, die mit Installationen, z. B. für Wasser, Gas, Druckluft und elektrischen Strom und mit Entnahmestellen hierfür, wie z. B. Ventilen, Hähnen, Steckvorrichtungen versehen sind.

Experimentierbereich

ist ein Bereich um den Experimentieraufbau, der von der Umgebung abgegrenzt ist.

Experimentieren

ist methodisch-planmäßiges Vorbereiten, Vorführen und Üben einschließlich Beobachten von naturwissenschaftlichen oder technischen Vorgängen unter Verwendung von Experimentiereinrichtungen.

Experimentiereinrichtungen

sind fest installierte oder fliegend aufgebaute elektrische Einrichtungen und Versuchsanordnungen, z. B. Experimentierstände, Energiezellen, Schalttafeln und -pulte sowie Schränke mit Abnahmestellen für elektrische Energie zu Unterrichtszwecken.

Experimentierender

ist eine Person (z. B. Praktikant, Volontär, Auszubildender, Schüler, Student), die im Rahmen einer elektrotechnischen Qualifizierung an einer fachpraktischen Maßnahme in einer Experimentiereinrichtung oder in einem dafür vorgesehenen Bereich teilnimmt.

Experimentierleitungen

sind einadrige, flexible, isolierte Leitungen mit beidseitig fest angebrachten Steckverbindern oder Kabelschuhen, die zum Verbinden oder Anschließen elektrischer Betriebsmittel beim Experimentieren dienen. Sie werden auch als Labor- oder Verbindungsleitungen bezeichnet.

Experimentierstand

ist ein Platz im Unterrichts- oder Ausbildungsraum zum Experimentieren mit elektrischen Betriebsmitteln oder elektrischen Einrichtungen zum Vorführen, Üben, oder Versuchen.

Fehlerschutz

ist der Schutz gegen elektrischen Schlag unter den Bedingungen eines Einzelfehlers.

Fremdes leitfähiges Teil

ist ein leitfähiges Teil, das nicht zur elektrischen Anlage gehört, jedoch ein elektrisches Potential einschließlich des Erdpotentials einführen kann. Zu den fremden leitfähigen Teilen gehören auch leitfähige Fußböden und Wände, wenn über diese ein elektrisches Potential einschließlich des Erdpotentials eingeführt werden kann.

Gefährdungsbeurteilung

ist die systematische Ermittlung und Bewertung relevanter Gefährdungen der Beschäftigten mit dem Ziel, die erforderlichen Maßnahmen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit festzulegen.

Gefährliche Spannung

- a) Spannung, die 25 V Wechselspannung effektiv oder 60 V Gleichspannung überschreitet (gemessen mit einem Spannungsmesser mit einem Innenwiderstand größer als 50 k Ω),
- b) oder bei Spannungen größer als 25 V Wechselspannung effektiv oder 60 V Gleichspannung der mögliche Kurzschlussstrom größer als 3 mA Wechselstrom effektiv oder 12 mA Gleichstrom ist (gemessen über einen induktionsfreien Widerstand von 2 k Ω),
- c) oder die mögliche Entladungsenergie ist größer als 350 mJ.

In Betrieb

ist eine Experimentiereinrichtung, bei der die Zuführung der Experimentierspannung eingeschaltet ist und die rote Signalleuchte den Einschaltzustand kennzeichnet.

Laborsteckbuchsen

sind spezielle Steckvorrichtungen, bei denen alle Spannung führenden Teile so isoliert sind, dass sie nicht berührbar sind.

Meldeleuchten

dienen der Anzeige des Schaltzustandes an der Experimentiereinrichtung. Sie sind kein Ersatz für Signalleuchten.

Messleitungen

sind einadrige, flexible, isolierte Leitungen mit einerseits fest angebrachten Steckverbindern sowie andererseits mit Mess- bzw. Prüfspitzen ausgestattet, die Mess- oder Prüfzwecken dienen und dabei in der Hand gehalten werden dürfen.

Not-Aus-Einrichtung

ist dazu bestimmt, Gefahren, die unerwartet auftreten können, so schnell wie möglich zu beseitigen.

Potentialausgleich

ist das Herstellen elektrischer Verbindungen zwischen leitfähigen Teilen, um Potentialgleichheit herzustellen.

Praktikumsräume

↑ Werkräume

Risiko

ist eine Kombination der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schweregrades der möglichen Verletzung oder Gesundheitsschädigung einer Person in einer Gefährdungssituation.

Schutz durch Kleinspannung mittels SELV

ist eine Schutzmaßnahme, bei der Stromkreise mit Nennspannung bis 50 V Wechselspannung (AC) bzw. 120 V Gleichspannung (DC) ungeerdet betrieben werden und die Speisung aus Stromkreisen höherer Spannung von diesen sicher getrennt sind.

SELV (Safety Extra Low Voltage) ist die internationale Bezeichnung für dieses Kleinspannungssystem.

Steckvorrichtungen dürfen nicht in andere Stromversorgungssysteme passen.

Wenn die Nennspannung 25 V AC oder 60 V DC überschreitet, muss ein Schutz gegen direktes Berühren (Basisschutz) sichergestellt werden.

Schutz durch Kleinspannung mittels PELV

ist eine Schutzmaßnahme (Protektive Extra Low Voltage), die im Wesentlichen SELV entspricht, jedoch ist gegen Erde keine Basisisolierung gefordert.

Schutzpotentialausgleich

ist ein Potentialausgleich zum Zweck der Sicherheit.

Schutzpotentialausgleichsleiter

ist ein Schutzleiter zur Herstellung des Schutzpotentialausgleiches.

Sicherheitsbuchsen

sind spezielle Steckvorrichtungen, bei denen alle Spannung führenden Teile so isoliert sind, dass sie nicht berührbar sind.

Sicherheits-Steckverbinder

sind spezielle Steckverbinder, bei denen alle Spannung führenden Teile so isoliert sind, dass sie weder im gesteckten noch im ungesteckten Zustand berührbar sind.

Signalleuchten

sind über die Grenzen des Experimentierbereichs hinaus deutlich erkennbare Leuchten mit roter Signalgebung zur Kennzeichnung des Betriebszustands im Experimentierbereich und zeigen an, dass die Spannungszuführungen der Experimentiereinrichtungen eingeschaltet sind.

Steckverbinder

sind Betriebsmittel, die bei bestimmungsgemäßer Verwendung nur in stromlosem Zustand gesteckt oder getrennt werden dürfen.

Steckverbindung

ist eine elektrische Verbindung aus zwei Steckverbindern; sie besteht aus mindestens zwei Kontaktteilen.

Unterrichtsräume

sind Räume, die der theoretischen und praktischen Wissensvermittlung dienen. Hierzu gehören auch Vorlesungs- und Praktikumsräume in Hochschulen.

Übungsplatz

ist ein Platz im Ausbildungsraum zur Durchführung von Übungen an elektrischen Anlagen oder mit elektrischen Betriebsmitteln.

Versuchsplatz

ist ein Platz im Ausbildungsraum zur Durchführung von Versuchen mit elektrischen Betriebsmitteln oder elektrischen Einrichtungen.

Verantwortliche Elektrofachkraft

ist, wer als Elektrofachkraft die Fach- und Aufsichtsverantwortung übernimmt und vom Unternehmer dafür beauftragt ist.

Werkräume

sind Räume, die der fachpraktischen Wissensvermittlung dienen. In ihnen werden Übungen, Experimente/Versuche an den Arbeitsplätzen der Teilnehmer, wie Schüler, Auszubildende, Studenten durchgeführt. Darin kann zusätzlich die Erteilung von fachpraktischem Unterricht erfolgen. Hierzu gehören auch Praktikumsräume in Hochschulen.

3

Errichtung von Experimentiereinrichtungen

Neben den in der Normenreihe VDE 0100 enthaltenen allgemeinen Errichtungsbestimmungen, sind außerdem die speziellen Zusatzfestlegungen für Experimentiereinrichtungen und Praktikumsräume gemäß VDE 0100-723 [17] sowie im Einzelfall, z. B. bei Spannungen über 1 kV, zusätzlich VDE 0104 [19] zu berücksichtigen.

Darin wird ein sicherer Zustand gefordert. Das heißt, es dürfen keine Personen- oder Sachschäden entstehen.

Es muss dementsprechend ein Schutz gegen direktes Berühren (Basisschutz), bei indirektem Berühren (Fehlerschutz) und bei direktem Berühren (Zusatzschutz) gewährleistet sein.

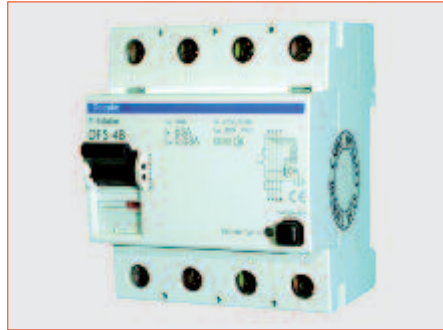
Dabei ist unerheblich, ob es sich um eine ortsfeste oder ortsveränderliche (mobile) Experimentiereinrichtung handelt, die Elektrosicherheit muss in jedem Fall gewährleistet sein.


Anforderungen an den Fehlerschutz

Zum Schutz im Fehlerfall (Schutz bei indirektem Berühren) muss eine wirksame Schutzmaßnahme vorhanden sein.

Dieser „Schutz gegen elektrischen Schlag,“ soll vorzugsweise durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV vorgesehen werden, z.B. mit einem Sicherheitstransformator gemäß DIN EN 61558-2-6 (VDE 0570-2-6).

Fehlerstrom-Schutzschalter (RCD) „Typ B“
 $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$



Bei höheren Wechselspannungen können das TN- oder TT-System sowie Funktionskleinspannung ohne sichere Trennung (FELV) unter Verwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) gemäß VDE 0664 zur automatischen Abschaltung der Stromversorgung realisiert werden. Die Fehlerstrom-Schutzschalter müssen dem Typ „B“ zum Schutz bei sinusförmigen Wechselfehlerströmen, pulsierenden Gleichfehlerströmen und glatten Gleichfehlerströmen in Wechselspannungsnetzen entsprechen (Kennzeichnung  [14]).

Der Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N}$ darf 30 mA nicht übersteigen [17].

Für übrige Steckdosen in Endstromkreisen mit einem Bemessungsstrom nicht größer als 20 A, die sich außerhalb der Experimentiereinrichtung befinden und für die Benutzung durch Laien, d. h., zur allgemeinen Verwendung bestimmt sind, muss ebenfalls ein zusätzlicher Schutz durch RCDs ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) vorgesehen werden [11].

Nur im Ausnahmefall und nur in Räumen oder an Versuchs-/Übungsplätzen, die ausschließlich der elektrotechnischen Spezialfachausbildung dienen, darf auf eine RCD verzichtet werden. Ein solcher Sonderfall ist z. B. an Übungsplätzen gegeben, an denen Prüfungen nach VDE 0100-600 „Erstprüfungen“ zur Wirksamkeit der Schutzmaßnahme „Anforderungen an den Fehlerschutz“ (Schutzmaßnahmen-Prüfungen) geübt werden sollen, z. B. Schleifenwiderstandsmessungen [11]. In dem Fall darf das Zuschalten der Stromversorgung nur über eine Trenneinrichtung möglich sein, die gegen unbefugtes Einschalten gesichert werden kann.

Bei der Versorgung durch IT-Systeme darf grundsätzlich auf eine RCD verzichtet werden. Die dabei erforderliche Isolationsüberwachungseinrichtung muss allerdings beim ersten Fehler (Ansprechwert: $\leq 50 \text{ k}\Omega$) die Stromversorgung abschalten.

Wenn sich außerhalb von Experimentiereinrichtungen Speisepunkte befinden, die gleichermaßen für Experimente geeignet sind (z.B. Steckdosen, Buchsensteckvorrichtungen), sind diese mit dem Hinweis:

– Für Experimentierzwecke geeignet –

zu kennzeichnen.

Stromversorgungen außerhalb von Experimentiereinrichtungen ohne eine derartige Kenntlichmachung dürfen nicht zu Experimentierzwecken benutzt werden.

Geräte zum Trennen und Schalten

Es muss eine zentrale Trenneinrichtung zum allpoligen und gleichzeitigen Schalten aller nicht geerdeten Leiter [einschließlich des Neutralleiters (N)]

sämtlicher Stromkreise für die Experimentiereinrichtungen eines Raumes vorhanden sein [15]. Dazu ist auch die im Abschnitt „Anforderungen an den Fehlerschutz“ bezeichnete Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) geeignet.

Die Zuschaltung der Experimentiereinrichtungen kann einzeln, gruppenweise oder zentral vorgesehen werden.

Die zentrale Schaltung der Speisepunkte von einer Stelle aus, ist jedoch nur dann zulässig, wenn alle Stände vom Schaltort aus gut einsehbar sind. Eine derartige Einrichtung sollte nur ausnahmsweise gewählt werden.

Die Schaltstelle muss sich gegen unbefugtes und unbeabsichtigtes Schalten sichern lassen. Üblicherweise kann diese z. B. mittels Schlüsselschalter oder abschließbarem Hauptschalter gesperrt werden.

Wenn im Experimentierbereich für die Art der Versuche eine Stromversorgung ohne Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) notwendig ist, z. B. an Übungsplätzen für Schleifenwiderstandsmessungen im Rahmen von Schutzmaßnahmen-Prüfungen, dann darf das Zuschalten

Betätigungseinrichtungen



des Stromkreises nur über eine Trenneinrichtung möglich sein, die gegen unbefugtes Einschalten gesichert werden kann.

Die Betätigungseinrichtungen der Experimentiereinrichtungen müssen deutlich gekennzeichnet sein.

Außerdem ist jeder Experimentierstand mit einer Einrichtung auszurüsten, die den Schaltzustand erkennen lässt. Gebräuchlich und praktikabel ist dabei der Einsatz von Meldeleuchten.

Handlung im Notfall

Es ist eine Einrichtung für das Ausschalten im Notfall erforderlich. Not-Aus-Befehlselemente sind an den Zu- und Ausgängen, an Fluchttüren und an jedem Experimentierstand vorzusehen.

Ob weitere Betätigungseinrichtungen notwendig sind, muss im Einzelfall vor Ort entschieden werden (Gefährdungsbeurteilung).

Mit der Not-Aus-Einrichtung müssen alle Stromkreise an sämtlichen Experimentiereinrichtungen eines Raumes im Gefahrenfall zugleich getrennt werden können, beispielsweise durch einen Hauptschalter mit Unterspannungsauslösung.

Das Rückstellen der Not-Aus-Betätigungseinrichtung darf nur von Hand möglich sein und darf allein keinen Wiedereinschaltbefehl auslösen.

Betätigungseinrichtungen



Not-Aus-Befehlsgeräte



Schaltgeräte für das Wiedereinschalten nach Betätigen des NOT-AUS müssen gegen unbefugtes Einschalten gesichert werden können [13] und [15].

Gegebenenfalls sind zusätzlich Einrichtungen (NOT-HALT) zum Stillsetzen von Maschinen bei gefahrbringenden Bewegungen erforderlich. Stromkreise für Beleuchtung, Lüftung, Absaugeinrichtungen usw. dürfen nicht mit aufgeschaltet werden.

Jeder Experimentierende muss im Bedarfsfall – von seinem Platz aus – ein Not-Aus-Betätigungselement leicht, schnell und gefahrlos erreichen können.

Sicherheitskennzeichnungen

Experimentiereinrichtungen müssen von außen deutlich und sichtbar mit Warnschildern D-W008 „Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung“ nach DIN 4844-2 (entspricht Warnschild W 08 nach BGV A 8 [10]) gekennzeichnet sein.



Warnung
vor gefährlicher
elektrischer
Spannung

Zusätzlich sind innerhalb der Experimentiereinrichtung die Stellen besonderer Gefährdung, z. B. berührungsgefährliche Teile, die während einer Versuchsphase unbeaufsichtigt sind, mit diesem Warnschild zu kennzeichnen.



Signalleuchte zur Betriebszustandsanzeige

Je Platz ist außerdem eine rote Signalleuchte zur Kennzeichnung des eingeschalteten Betriebszustandes vorzusehen. Diese muss über den Experimentierbereich hinaus deutlich erkennbar sein.

Bei Signalleuchten erfolgt die Kenntlichmachung durch Dauerlicht. Blink-, Blitz-, Rundumleuchten usw. sind für eine derartige Signalgebung ungeeignet. Bei der optischen Anzeige an Hauptschaltern sowie an den Strompfaden von Außenleitern, handelt es sich in der Regel um Meldeleuchten. Diese dienen der Anzeige des Schaltzustandes an den Experimentiereinrichtungen. Sie sind kein Ersatz für Signalleuchten.

Die Schalter für Raumbelichtung und Verdunkelung müssen auch im Dunkeln gut sichtbar sein.

Einpolige Anschlussstellen

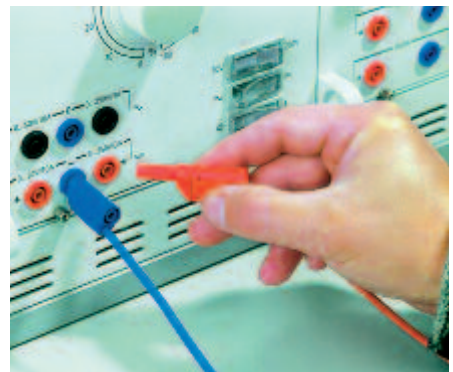
Wenn mit gefährlicher Spannung experimentiert werden soll, sind bei der Errichtung die einpoligen Anschlussstellen als berührungssichere Steckbuchsen (Laborsteckbuchsen, Sicherheitsbuchsen) mit vollständigem Berührungsschutz auszuführen.

Mit dieser Forderung sollen die Experimentierenden vor der Gefahr des zufälligen Berührens von unter gefährlicher Spannung stehenden Teilen geschützt werden.

Es handelt sich dabei um so genannte Sicherheits-Einbaubuchsen bzw. Buchsensteckvorrichtungen [17] (überwiegend \varnothing 4 mm-Buchsen). Diese ermöglichen es, Experimentierleitungen mit berührungssicheren Sicherheitssteckern, die mit starrer Isolierhülse ausgestattet sind, zu kontaktieren.

Eine Versorgung durch Kleinspannung mittels SELV wird nicht als berührungsgefährlich eingestuft, da diese Form der Stromversorgung sowohl einen Schutz

Berührungssichere einpolige Anschlussstellen (Sicherheitsbuchsen)



gegen direktes Berühren als auch bei indirektem Berühren bietet.

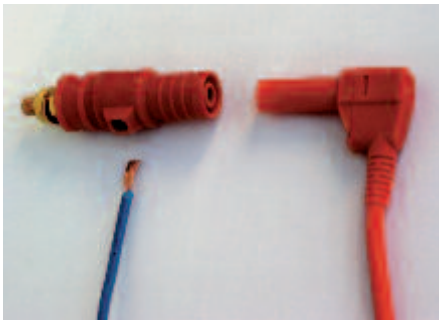
Allerdings enthält [11] die Forderung nach einem Schutz gegen direktes Berühren (Berührungsschutz), wenn bei SELV die Nennspannung 25 V Wechselspannung (AC) oder 60 V Gleichspannung (DC) überschreitet. Dann muss der Berührungsschutz mindestens IP2X oder IPXXB (Fingerschutz) sicherstellen.

Damit ist vorgegeben, dass Sicherheits-Steckbuchsen zur Aufnahme von berührungssicheren Experimentierleitungen zu verbauen sind, wenn diese während der Durchführung von Übungen oder Versuchen in der Hand gehalten, bzw. berührt werden müssen.

Berührungssichere Einbaubuchse



Sicherheits-Einbaubuchse mit seitlicher Einführungsöffnung zur Kontaktierung mit mehrdrätigen Leitern



Auch die bisweilen vorzugsweise für SELV eingesetzten Ø 2 mm-Buchsen, sind in berührungssicherer Ausführung handelsüblich.

Jedoch entsprechen die früher üblichen, so genannten „Bananenbuchsen“ und „Polklemmen“ nicht den geforderten Eigenschaften.

Im Handel sind Übergangsteckverbinder, so genannte Adapter, Übergangsadapter oder Übergangsstücke verfügbar, mit denen herkömmliche und früher übliche Ø 4 mm-Buchsen zu Sicherheitsbuchsen umgerüstet werden können.

Allerdings besteht ein Risiko in der nicht immer ausreichenden mechanischen Festigkeit.

Die Verspreizung an der Kontaktfläche, die zugleich Befestigungsfläche ist, kann nach mehrmaliger Kontaktierung, bei den auftretenden Zugbeanspruchungen, aus der Buchse rutschen. Dann besteht, z. B. durch Fingerkontakt, das Risiko einer elektrischen Durchströmung des Experimentierenden.

Derartige Hilfsmittel sind nur eingeschränkt einsetzbar und sollten nur benutzt werden, wenn es unumgänglich

Übergangsteckverbinder zur Anpassung herkömmlicher Ø 4 mm-Buchsen



ist. Jedoch ist dann eine Überprüfung auf ordnungsgemäßen Zustand in kurzen Zeitabständen durch Sichtprüfung und Handprobe erforderlich.

Als Richtwert für die wiederkehrende Prüfung solcher Übergangssteckverbinder kann monatlich genannt werden (Gefährdungsbeurteilung durchführen!).

Einpolige Anschlussstellen sollten auch in älteren Experimentierbereichen grundsätzlich den Anforderungen an berührungssichere Steckbuchsen genügen und fest eingebaut sein.

Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich

In Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen ist eine Spannungsverschleppung wirksam zu verhindern.

Dazu sind sämtliche gleichzeitig berührbaren Körper festangebrachter Betriebsmittel und die fremden leitfähigen Teile über einen zusätzlichen (örtlichen) Schutzpotentialausgleich miteinander und mit den Schutzleitern (PE) der Steckdosen zu verbinden. Dazu gehören alle leitfähigen Rohrleitungen von Ver- und Entsorgungssystemen, z. B. für Gas, Wasser, Abwasser, Abluft sowie Metallteile von Zentralheizungs- und Klimaanlage.

Auch metallene Schränke, Regale, Tischaufbauten und Tischuntergestelle, Montagegestelle zur Befestigung von Bauteilen

*Farbkennzeichnung
der Schutzpotentialausgleichsleiter*



oder Baugruppen, ggf. der Schraubstock auf der Tischplatte usw., sollten zusätzlich einbezogen werden. Die Ausführung ist entsprechend [16] vorzunehmen.

Dieses erfolgt bestenfalls an zentraler Stelle, beispielsweise in der Elektroverteilung oder über eine Haupterdungschiene.

Der Mindestquerschnitt der Schutzpotentialausgleichsleiter beträgt 4 mm² Cu [16].

Fußböden

Der Fußboden muss rutschhemmende Eigenschaften besitzen. Er sollte widerstandsfähig, wärmeisolierend und schalldämmend sein. Stein- und Betonböden sind dazu ungeeignet.

Obwohl im relevanten Regelwerk [21] keine spezielle Forderung nach einem isolierenden Fußboden besteht, sollte innerhalb eines Experimentierbereiches vorzugsweise der gesamte Fußboden isolierende Eigenschaften aufweisen.

Ein derartiger Bodenbelag unterstützt den Schutz gegen elektrischen Schlag. Die Standortisolierung für die experimentierenden Personen kann auch durch das Auslegen mit besonderen Isoliermatten gem. VDE 0680-1 erreicht werden.

Wenn es aus Gründen der Versuchsdurchführung erforderlich ist, dass auf SELV, PELV oder eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) verzichtet werden soll, so ist allerdings ein isolierender Fußboden oder eine isolierende Matte zur Standortisolierung im Bereich der Experimentiereinrichtung zwingend erforderlich [17].

Diese Forderung kann bei Übungsplätzen gegeben sein, an denen Schutzmaßnahmen-Prüfungen geübt werden sollen.

Die Isoliereigenschaft des Bodens darf 50 k Ω nicht unterschreiten [11]. Mit Hilfe eines speziellen Messverfahrens nach VDE 0100-600, Anhang A, kann das Isoliervermögen von Fußböden ermittelt werden.

Elektrostatisch ableitfähig, das heißt, antistatische Böden, sollen einen Widerstand von 100 M Ω nicht überschreiten.

Demnach sollte der elektrische Widerstand des Fußbodens zwischen 50 k Ω und 100 M Ω betragen.

Bodenbelag zur Standortisolierung



Einrichtungsgegenstände

Die Tischplatten zur Aufstellung von Übungs- oder Versuchsaufbauten müssen aus nichtleitfähigem Werkstoff bestehen.

Soweit es sich um fabrikfertige Einrichtungsgegenstände handelt, ist hierfür die entsprechende Baubestimmung VDE 0789-100 [33] für den Hersteller verbindlich.

Das können Experimentierstände, Übungs- und Versuchsplätze, Laborische, Abzüge, Energiezellen, Schalttafeln und -pulte sein sowie Schränke mit Abnahmestellen für elektrische Energie.

Bewegungsfreiheit und Gangbreiten

Die Abstände von Übungstischen oder zwischen Werkbänken sind so zu bemessen, dass die Experimentierenden sich bei den praktischen Übungen und Arbeiten nicht gegenseitig behindern.

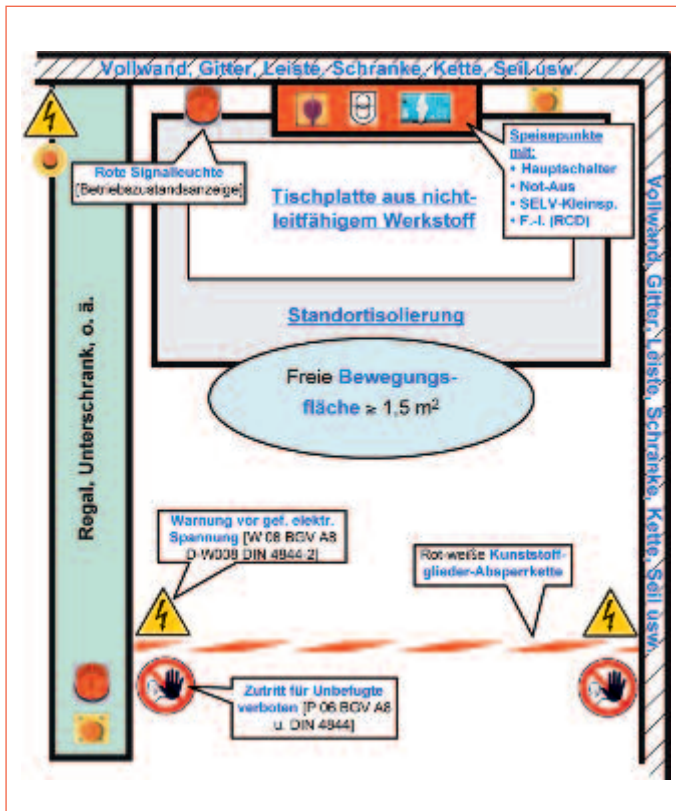
Dieses wird vermieden, wenn für jede Person am Arbeitsplatz im Bereich der Experimentiereinrichtung eine freie Bewegungsfläche zur Verfügung steht. Richtwert in Anlehnung an [2]: mindestens 1,00 m x 1,50 m pro Person.

Sind die Experimentierplätze so angeordnet, dass die Experimentierenden Rücken an Rücken stehen, darf der Abstand zwischen den Experimentierstischen 1,50 m nicht unterschreiten.

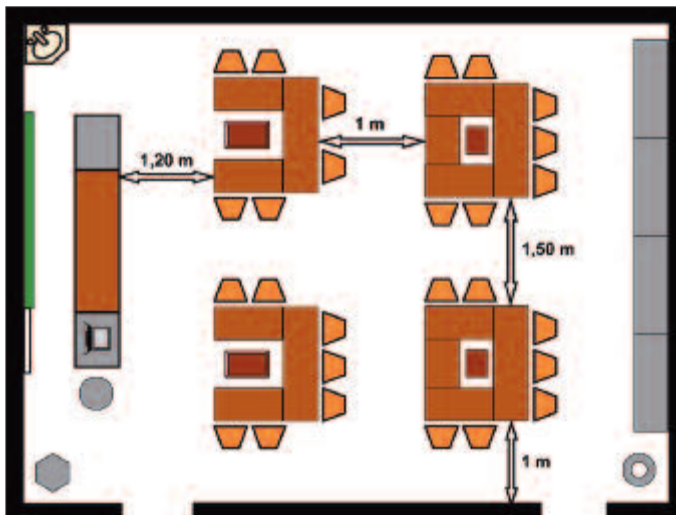
Bei hintereinander angeordneten Experimentierplätzen ist mindestens 1,00 m Abstand zwischen den Tischen/Werkbänken einzuhalten.

Das Mindest-Abstandsmaß zwischen dem Tisch des Ausbilders/der Lehrkraft und dem ersten Experimentierplatz kann mit 1,20 m angegeben werden.

Die Gangbreite zwischen den Experimentierplätzen muss wenigstens 1,00 m betragen, wobei sich die Transportwege nicht mit den Laufwegen/Gängen für die Experimentierenden kreuzen sollen.



Experimentierplatz,
 z. B. innerhalb
 eines Werkstatt-
 bereiches



Bewegungsfreiheit und
 Gangbreiten an
 Experimentierplätzen

4

Betreiben von Experimentiereinrichtungen

Allgemeines

Beim Umgang mit elektrischer Energie in Unterrichts- und Experimentierräumen, sind grundsätzliche Festlegungen zu beachten, die sich im Wesentlichen auf die elektrotechnischen Regeln VDE 0105-100 [20] und zusätzlich auf VDE 0105-112 [21] sowie gegebenenfalls im Einzelfall, z. B. bei Spannungen über 1 kV, auf VDE 0104 [19] beziehen.

Um sicherzustellen, dass die Experimentiereinrichtungen entsprechend den Regelwerken betrieben werden, ist für die verantwortliche fachliche Leitung eine verantwortliche Elektrofachkraft zu bestellen [34]. Diese Person wird beauftragt, die unmittelbare



verantwortliche Verantwortlichkeit für den Betrieb der elektrischen Anlage zu tragen.

Der Anlagenverantwortliche, z. B. die verantwortliche Elektrofachkraft [34] sowie die Arbeitsverantwortlichen (Ausbilder und Lehrkräfte) sind gehalten, den Inventar-Bestand der vorhandenen Experimentiereinrichtungen, wie beispielsweise Module und Komponenten von Übungs- und Versuchsaufbauten oder Netz-Nachbildungsmodelle, hinsichtlich ihrer Elektrosicherheit und praxisgerechten Verwendung zu überprüfen.

Dieses ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sehr gut möglich und auch vor einer beabsichtigten Neu- oder Ersatzbeschaffung von besonderer Bedeutung.

Ausbildungsraum zur Elektronik-Schulung



Nachfolgend einige Merkmale, die zu berücksichtigen sind:

- Insbesondere bei einer Neubeschaffung, ist neben der CE-Kennzeichnung auf die aussagekräftigere VDE- und/oder GS-Prüfkennzeichnung [🏠 ⚡] zu achten.
- Der Übungs-/Versuchsaufbau muss hinreichend gegen Fehlbedienung gesichert und mit geeigneten Überstrom-Schutzeinrichtungen gegen Überlastung geschützt sein, um ein mögliches Risiko zu minimieren.
- Innerhalb von Netz-Nachbildungsmodellen wird typischerweise der Neutralleiter (N) im weiteren Verlauf als PEN-Leiter und somit auch als Schutzleiter (PE) verwendet. Wird nun in der Netzversorgung ein Außenleiter (L) mit dem N vertauscht, das kann auch mit dem Netzstecker der Geräte-Anschlussleitung erfolgen, führt der PE des Netzmodells gefährliche Spannung. Dieses gilt es mit technischen Maßnahmen zu verhindern.

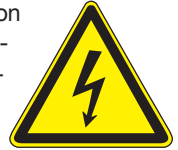


Daher müssen derartige Einrichtungen über einen Verpolungsschutz, zum Beispiel durch eine automatische Überwachung und eine Verpolungsanzeige verfügen, damit nach der Beaufschlagung mit Netzspannung am Schutz-Potentialausgleichs- und Schutzleitersystem (PEN und PE) der Experimentiereinrichtung keine gefährliche Spannung anliegen kann.

Zusätzlich kann als Schutzmaßnahme die Schutztrennung angewendet werden. Diese bietet den Vorteil, dass die Fehlersimulationen (z. B. L und PE an einer Steckdose vertauschen) bei der Durchführung von Schutzmaßnahmenprüfungen ohne Einschränkung des Ausbildungszieles mit einem als ungefährlich zu betrachtenden, begrenzten Strom erfolgen kann ([7, 9, 19, 20]).

Die Sicherstellung von realitätsnahen Mess- und Prüfgerätefunktionen kann in dem Fall durch eine hochohmige Erdung des Sekundärkreises erreicht werden.

- Ist es zu Übungszwecken erforderlich, dass zur Fehlersimulation ein Schutzleiter, wie beispielsweise der Schutzleiter-Schleifkontakt einer Netz-Steckdose, unter gefährliche Spannung gesetzt wird, so darf die Schalthandlung nicht mittels eines Schalters erfolgen, weil damit ein andauernder Fehler ermöglicht wird. Eine derartige Fehlersimulation sollte ausschließlich mit einer Tastfunktion (Totmann) möglich sein, damit dieser Zustand nur bewusst kurzzeitig eintritt.
- Integrierte, mit gefährlicher Spannung betriebene Lampenfassungen oder Leuchten, die sich im Handbereich befinden, benötigen eine Abdeckung, damit die erforderliche Mindest-Schutzart eingehalten wird und nach einer Zerstörung des Leuchtmittels keine Spannung führenden Teile berührt werden können.
- Die Standfüße der Modell-Rahmen sollten auf dem Experimentiertisch fixiert/arretiert werden können. Sonst lässt sich der Versuchsaufbau sehr leicht verschieben, was bei der Kontaktierung einer Steckdose, z. B. mit dem Prüfstecker eines Schutzmaßnahmen-Prüfgerätes, sehr leicht zum Absturz der Versuchsanordnung führen kann.
- Die Module/Komponenten dürfen sich nicht auf einfache Weise, z. B. durch das Bedienen von Schalteinrichtungen aushängen lassen und aus der Halterung fallen, denn dadurch kann der Berührungsschutz beeinträchtigt werden. Ggf. sind geeignete Verriegelungen erforderlich.



Anforderungen an Ausbilder und Lehrkräfte

Ausbilder und Lehrkräfte müssen in hohem Maße fachtechnisch und auch persönlich geeignet sowie verantwortungsbewusst hinsichtlich der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes sein.

Sie müssen aufgrund ihrer Ausbildung und Kenntnisse, z. B. über ihr Fachgebiet, Vorschriften und Normen sowie aufgrund ihrer Erfahrungen, die von ihnen geleiteten oder auszuführenden Experimente mit elektrischer Energie beurteilen und mögliche Gefahren erkennen können, um dem Anforderungsprofil „Ausbilder“ bzw. „Lehrkraft“ zu entsprechen.



Einweisung und Sicherheitsunterweisung

Vor dem erstmaligen Üben von Experimentierenden mit elektrischer Energie innerhalb der Ausbildungsstätte, ist durch den Ausbilder oder die Lehrkraft eine intensive

Einweisung und Sicherheitsunterweisung über die Gefahren des elektrischen Stromes sowie über das sicherheitsgerechte Verhalten bei der Verrichtung von elektrotechnischen Experimenten vorzunehmen (UUV BGV A 1, 2. Kapitel, § 4 [8]).



Von herausragender Bedeutung ist die Unterweisung/Unterrichtung über zu treffende Maßnahmen im Gefahrenfall sowie über Notfallmaßnahmen.

Zweckmäßigerweise sollten im Rahmen einer Notfall-Übung die zu treffenden Maßnahmen und die richtigen Verhaltensweisen für den Ausnahmefall mit allen Personen im Experimentierbereich geübt werden.

Die Durchführung einer Unterweisung/Unterrichtung ist aktenkundig zu machen. Dabei dokumentieren die Anwesenden ihre Teilnahme schriftlich und bestätigen, dass sie die Unterweisungsinhalte richtig verstanden haben (siehe Anhang 6 „Unterweisungsnachweis“).

Treten beim Experimentieren Gefahren auf, die für die Experimentierenden nicht ohne Weiteres erkennbar sind, ist darauf besonders hinzuweisen.

Zu den Unterweisungsinhalten gehören insbesondere:

- Gefahren des elektrischen Stromes
- Maßnahmen zum Schutz gegen Gefahren des elektrischen Stromes
- Verhaltensregeln im Experimentierbereich
- Anordnung und Wirksamkeit von vorhandenen Not-Aus-Einrichtungen
- Maßnahmen bei Bränden und Unfällen
 - Platzierung und Funktionsweise von verfügbaren Feuerlöscheinrichtungen
 - Unterrichtung zur Einleitung der Rettungskette
 - Standortbeschreibung des Verbandkastens
 - Angabe von Notfalltelefon und Notrufverzeichnis
 - Nennung der Ersthelfer und Betriebssanitäter
- Beschreibung der Fluchtwege



**Das Arbeiten an unter Spannung
stehenden Teilen der
Experimentiereinrichtungen
ist grundsätzlich**

verboten!

**Es sind die fünf Sicherheitsregeln
zu beachten.**

Fünf Sicherheitsregeln

Vor Beginn der Arbeiten:

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Ausnahmen:

- Heranführen von Mess-, Prüf- und Justiereinrichtungen (z. B. Prüfspitzen und Strommesszangen)
- Bedienen von berührungssicheren Messgeräten
- Auswechseln von berührungssicheren Sicherungen

Übungs- und Versuchsaufbau

Die Vorbereitung und Durchführung der Experimentier-Tätigkeiten liegen in der unmittelbaren Verantwortung des Ausbilders oder der Lehrkraft.

Diese haben dafür Sorge zu tragen, dass die Anordnung der Einrichtungen im Experimentierbereich so übersichtlich wie möglich zu erfolgen hat.

Es dürfen keine Gegenstände gelagert, aufgehängt oder befestigt werden, die nicht zum Experimentieren erforderlich sind.

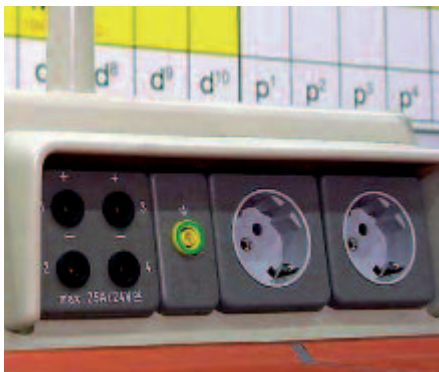
Davon ausgenommen sind Sicherheits- und Kennzeichnungsschilder, Schutzabdeckungen und Sperrvorrichtungen, wie z. B. Vorhängeschlösser.

Die Versorgung mit elektrischer Energie beim Experimentieren darf nur über Speisepunkte nach Abschnitt 3 erfolgen.

Soweit der beabsichtigte Zweck es zulässt, sollte nur Schutz durch Kleinspannung SELV oder PELV angewendet werden.

Von den Experimentierenden dürfen während der Durchführung von Arbeiten keine leitfähigen Schmuckstücke (Ketten, Ringe, Armbänder usw.), Uhren und Körperschmuck (Piercing) getragen werden.

Speisepunkte für Experimentiereinrichtungen



Alle für elektrische Experimente verwendeten Geräte und Bauteile müssen sich aufgrund ihrer maximalen Belastbarkeit in Hinsicht auf

- Stromstärke
- Stromart
- Bemessungsspannung
- ggf. Messbereich

für den Versuchsaufbau eignen.

Der Prüfaufbau muss so erfolgen, dass keine Stolperstellen entstehen und keine Spannungsverschleppung auf fremde leitfähige Teile erfolgen kann.

Immer vor der Benutzung elektrischer Betriebsmittel ist eine Überprüfung auf erkennbare Mängel und Schäden durchzuführen. Dieses ist für Experimentierleitungen von herausragender Bedeutung.

Der Aufbau und Umbau von Experimentiereinrichtungen darf nur im spannungsfreien Zustand erfolgen.

Nach der Inbetriebnahme fallen Handhabungen und Veränderungen unter die „Fünf Sicherheitsregeln“. Aktive Teile, die gefährliche Spannung führen können,

Schild „Fünf Sicherheitsregeln“

Fünf Sicherheitsregeln

Vor Beginn der Arbeiten:

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

dürfen nicht „offen“ betrieben werden, sie benötigen einen Schutz gegen direktes Berühren (Berührungsschutz).

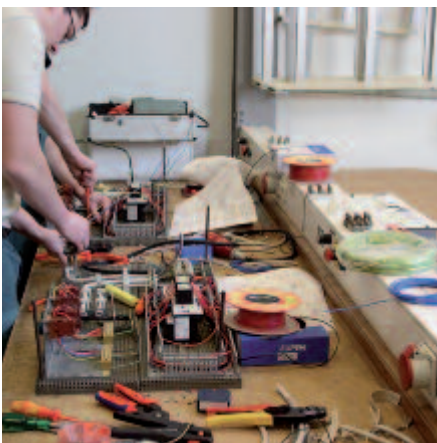
Wenn bei Messungen mit Oszilloskopen der Schutzklasse I (mit Schutzleiter) Störeinflüsse aus dem versorgenden Netz, z. B. Ströme über die Abschirmung der Messleitung, unterbunden werden sollen, sind vorzugsweise Differenzial-Tastköpfe zu verwenden.

Ein prüfbedingtes Auftrennen des Schutzleiters (PE) ist grundsätzlich unzulässig.

Wenn derartige Geräte über einen Trenntransformator (VDE 0570) betrieben werden sollen, sind weitere Schutzvorkehrungen, wie ggf. Umhüllen/Isolieren (Berührungsschutz), Einsatz von Körperschuttmitteln oder ein isolierender Standort erforderlich.

Bei einem Schutzklasse II-Gerät (Schutzisolierung) besteht ein Risiko der Körperdurchströmung, wenn ein unisolierter Tastkopf zur Messung auf hohem Potential benutzt wird. In dem Fall ist Messzubehör mit vornehmlich vollisolierten Steckvorrichtungen zu benutzen.

Elektrische Ausrüstung eines Übungsmodells



Die Experimentieraufbauten werden aus diversen Bauteilen/Baugruppen zusammengestellt und elektrisch ausgerüstet. Die Einhaltung der Anforderungen des Gesetzes über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMV-Gesetz) liegt bei der Person, die die Experimente aufbaut und durchführt oder durchführen lässt (Ausbilder/Lehrkraft). Eine Konformitätserklärung sowie eine CE-Kennzeichnung sind jedoch für derartige Experimentieraufbauten in der Regel nicht erforderlich.

Neben den elektrischen und elektromagnetischen sind auch mechanische Gefahren, wie sich drehende Maschinenteile, von Bedeutung. Daher müssen erforderliche Schutzvorrichtungen ordnungsgemäß montiert und funktions-tüchtig sein.

Verwendung einpoliger Experimentierleitungen

Vor der Benutzung sind die Experimentierleitungen auf erkennbare Schäden und Mängel zu prüfen.

Als Experimentierleitungen, bzw. Verbindungsleitungen, dürfen nur solche mit vollständigem Berührungsschutz verwendet werden. Bei SELV- und PELV-Kleinspannung darf darauf allerdings verzichtet werden.

Berührungssicherer Steckverbinder



Experimentierleitungen dienen dem Verbinden oder Anschließen des Übungs-/ Versuchsaufbaus und gehören nach der Kontaktierung und dem „fliegenden“ Aufbau zur elektrischen Anlage. Sie sollten während des Betriebes nicht in der Hand gehalten werden.

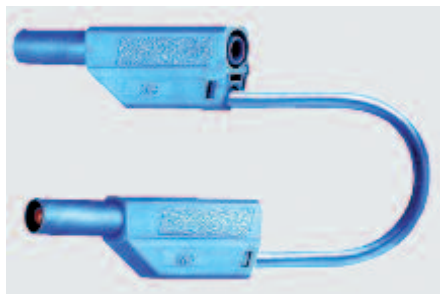
Die Anschlussmittel von Steck- und Schraubverbindungen müssen in ihren Abmessungen aufeinander abgestimmt sein. So dürfen z.B. Steckerstifte mit einem Durchmesser von 4 mm nicht in Buchsen mit einem Öffnungsdurchmesser von 5 mm eingesetzt werden.

Stecker an in Ausbildungsstätten vorhandenen einpoligen Experimentierleitungen ohne berührungssichere Eigenschaften, beispielsweise die früher üblichen, so genannten „Bananenstecker“, entsprechen nicht der nunmehr gültigen Normenreihe VDE 0411 [28], [29] und [30]. Diese wurden auch mit einer „Quereinsteckmöglichkeit“ vertrieben und bieten keinen Schutz gegen direktes Berühren. Sie sind auch weder finger- noch handrücksensibel im Sinne der Norm VDE 0660-514 [31] und grundsätzlich nicht mehr zugelassen.

Alle nicht nach VDE 0411 hergestellten Geräte, Anlagen- und Zubehörteile dürfen während der Übung/des Versuchsaufbaus – unter elektrischer gefährlicher Spannung stehend – nicht berührt, gesteckt oder getrennt, d. h., nicht in der Hand gehalten werden.

Die Benutzung derartiger Ausführungen innerhalb des Übungs- oder Versuchsaufbaus ist nur für Spannungen unter 33/70 V AC/DC (VDE 0411-031 [29]) zulässig, wenn es sich bei den Speisepunkten um SELV- oder PELV-Kleinspannungssysteme handelt. Grundsätzlich sind derartige Betriebsmittel nicht zu empfehlen. Sie entsprechen ebenso

Berührungssichere Experimentierleitung der Messkategorie CAT III



nicht mehr dem heutigen technischen Stand, wie die seinerzeit gebräuchlichen, als Bündel oder Federkontakt ausgebildeten Kontaktstellen von Steckverbindern ohne Berührungsschutz.

Dieses gilt auch für die immer noch gebräuchlichen, als so genannte Krokodil- oder Alligatorklammern ausgeführten Abgreifklammern für mehrdrähtige Aderleitungen.

Experimentierleitungen müssen auf jeden Fall mit berührungssicheren Sicherheitssteckern versehen sein, die einen vollständigen Berührungsschutz sicherstellen. Entsprechend dieser Festlegung, ist bei der Anlagenerrichtung in [17] die Forderung nach berührungssicheren Steckbuchsen enthalten.

Im Handel wird bereits seit Jahren „handgehaltenes Messzubehör“ („handheld“) angeboten, das berührungssichere Eigenschaften besitzt [29] und [30].

Derartige Sicherheits-Experimentierleitungen zeichnen sich durch die heute üblichen Kontaktlamellen-Steckverbinder – in der Regel \varnothing 4 mm – aus, bei denen die Spannung führenden Kontaktteile durch eine starre Isolierstoff-Schutzhülse umhüllt und dadurch weder im gesteckten, noch im ungesteckten Zustand berührbar sind.

Sie besitzen eine doppelte/verstärkte Isolierung (Schutzisolierung) und sind bis zur Messkategorie (bisher Überspannungskategorie) III (CAT III) [28] bei Bemessungsspannungen bis 600 V AC verfügbar.

Auch die verwendeten \varnothing 2 mm-Mess-/Experimentierleitungen, die für Bemessungsspannungen bis 600 V, CAT II und Bemessungsströmen bis 10 A angeboten werden, sind mit vollständigem Berührungsschutz handelsüblich.

Passend zu allen Systemen werden außerdem Klemmverbinder für die Aufnahme mehrdrähtiger Leiter, als Ersatz für die Krokodil- oder Alligatorklemmen angeboten (siehe Bild unten).

Eine Anpassung auf das dem heutigen Normenwerk entsprechende System liegt hierbei im Ermessen der für den elektrotechnischen Betriebsteil verantwortlichen Elektrofachkraft bzw. des Anlagenverantwortlichen.

Auf die durchzuführende Gefährdungsbeurteilung sei in dem Zusammenhang noch einmal besonders hingewiesen.

Es werden auch berührungsgeschützte (nicht berührungssicher) Schiebehülsen-

Berührungsgeschützter Klemmverbinder zur Aufnahme von mehrdrähtigen Leitern. Die Kontaktierung erfolgt über eine per Drucktaste zu entriegelnde Trompetenöffnung



Bedenklich: Schiebehülsenstecker mit zurückziehbarem Isolierrohr am Kontaktteil



Bedenklich: Schiebehülsenstecker, hier an stapelbaren Steckverbindern für Turmsteckweise



stecker an Experimentierleitungen offeriert, bei denen eine federnd angeordnete Isolierstoff-Schutzhülse zurückgeschoben wird, wenn der Stecker in eine früher übliche \varnothing 4 mm-Buchse (keine Sicherheitsbuchse) gesteckt wird, die einen Sicherheits-Steckverbinder mit starren Isolierhülsen nicht aufnehmen kann. Derartige Ausführungen, ohne oder mit Verriegelung, dürfen bei handgehaltener Anwendung keinen gefährlichen Spannungen ausgesetzt werden. Deshalb sind die Bemessungsspannungen auf max. 33/70 V AC/DC begrenzt (VDE 0411-031 [29]).

Ausschließlich Adapter-/Übergangsleitungen für den Anschluss von noch nicht mit Sicherheitsbuchsen ausgerüsteten Betriebsmitteln (z. B. Multimeter) dürfen geräteseitig noch mit Schiebehülsensteckern versehen sein, allerdings als fester Bestandteil innerhalb des Versuchs- bzw. Übungsaufbaus und nicht als handgehaltenes Betriebsmittel.

Am anderen Ende der Leitung, dort wo handgehaltene Prüfspitzen oder Abgreifer kontaktiert werden, müssen diese Leitungen einen Stecker mit starrer Isolierhülse besitzen.

An Schiebehülstensteckern ergeben sich allerdings durch Verschmutzung und Vibration verstärkt Störeinflüsse.

Nachteilig ist außerdem, dass die Federkraft nachlassen kann, wenn die Stecker längere Zeit im gesteckten, bzw. kontaktierten Zustand verbleiben. Die Folge ist, dass nach dem Ziehen, bedingt durch den fehlenden Anpressdruck der innen liegenden Feder, das Kontaktteil des Steckers nicht mehr von der Schutzhülse umhüllt wird. Dann sind aktive Teile berührbar.

Von einer Verwendung muss daher aus Gründen des Sicherheitsrisikos abgeraten

werden. Von großer Wichtigkeit ist noch, dass eine Vertauschung von Experimentierleitungen wirksam verhindert werden muss.

Ein weiterer Grund, nur normenkonforme Experimentierleitungen mit Sicherheits-Steckverbinder zu benutzen, besteht darin, dass diese nicht in Netzsteckdosen gesteckt werden können, was bei ggf. noch vorhandenen „Bananen-“ und Schiebehülstensteckern möglich ist (Gefährdungsbeurteilung durchführen!).

Für Schutzkontakt-Steckdosen ist es ratsam, Sicherheitssteckdosen bzw. Steckdosenabdeckungen mit „Kinderschutz“ einzusetzen. Derartige Ausführungen sind gegen einpoliges Einstecken gesperrt und verhindern somit die einpolige Kontaktierung.

Übungsplätze in einer Elektro-Berufsausbildungsstätte



Benutzung von Mess- und Prüfgeräten

Bei der Fehlbedienung oder Fehlschaltung elektrischer Messgeräte ist eine Gefährdung durch Lichtbogenbildung gegeben. Im Gegensatz zu zweipoligen Spannungsprüfern, die üblicherweise zum Feststellen der Spannungsfreiheit eingesetzt werden, verfügen Vielfach-Messgeräte, so genannte Multimeter, über eine Messbereichsvielfalt, die zu Fehlhandlungen führen kann. Hier ist nach einer gründlichen Einweisung, eine sorgfältige Bedienung erforderlich.

Vor dem Einschalten der Stromversorgung ist unbedingt darauf zu achten, dass der richtige Messbereich ausgewählt und eingestellt wurde.

Bei falscher Messbereichsauswahl, z. B. Spannungsmessung im Strommessbereich, können Kurzschlussströme in der Größenordnung bis ca. 10 kA auftreten.

Deshalb sollte das Feststellen der Spannungsfreiheit selbst mit einem geeigneten und sicheren Vielfachmessgerät in energiereichen Anlagen nicht durchgeführt werden.

Auch 1-polige Spannungssucher (Phasenprüfer) mit Glühlampe sind nachteilig. Die Wahrnehmbarkeit der Anzeige kann

Spannungsprüfer, 2-polig, geeignet zur Feststellung der Spannungsfreiheit



bei ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen, z. B. bei Sonnenlichteinfall, bei ungünstigem Standort, z. B. auf isolierendem Fußbodenbelag, beeinträchtigt sein. Daher sollte durch Werknorm oder andere innerbetriebliche Bestimmung, z. B. in einer Ausbildungs-Werkstattordnung (siehe Anhang 6) die Benutzung untersagt werden.

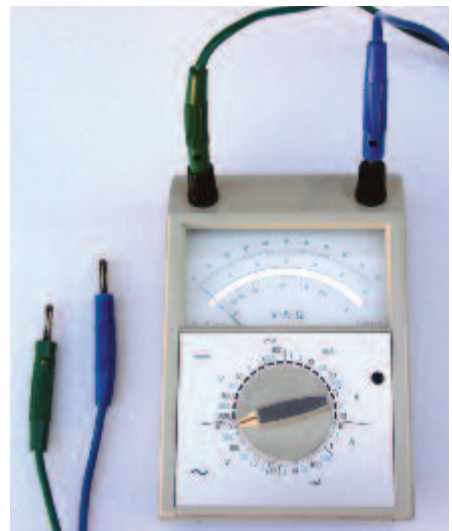
Zum Feststellen der Spannungsfreiheit sind grundsätzlich immer 2-polige Spannungsprüfer zu verwenden.

Diese müssen vor und soweit erforderlich, nach der Benutzung geprüft werden.

Messgeräte sind vor Messbeginn auf die richtige Betriebsart einzustellen. Den Messbereichsschalter zunächst auf den größten Messbereich einstellen.

Das An- und Abklemmen von fest angeschlossenen Messleitungen im Übungs-/Versuchsaufbau darf nur im spannungsfreien Zustand erfolgen.

Vielfachmessgerät älterer Bauart mit \varnothing 4 mm Buchsen



Eine Ausnahme bildet das Heranführen von Mess- und Prüfeinrichtungen, wie Prüfspitzen und Strommesszangen.

Als Messleitungen, die in der Hand gehalten werden sollen, dürfen nur solche mit vollständigem Berührungsschutz verwendet werden. Sie müssen der Normreihe VDE 0411 entsprechen.

Der Aufbau einer Messeinrichtung erfolgt zuerst am Messgerät und zuletzt an der Spannungsquelle, also vom niedrigen Potential zum hohen Potential. Der Abbau erfolgt sinngemäß in umgekehrter Reihenfolge.

Mess- und Prüfgeräte, ob alt oder neu, die nicht mit Sicherheitsbuchsen gem. [29] ausgerüstet wurden, sind zwar erlaubt, sie sind allerdings nur als Geräte der elektrischen Anlage und somit als feste Bestandteile innerhalb des Versuchs- bzw. Übungsaufbaus zulässig. Als handgehaltene Betriebsmittel dürfen derartige Ausführungen nicht benutzt werden.

Sicherheitsrisiko durch früher übliche Steckverbindungen



Das bedeutet, alle nicht nach VDE 0411 [28], [29] und [30] hergestellten Betriebsmittel dürfen während des Betriebes nicht berührt werden.

Es gelten dabei die:

Schild „5 Sicherheitsregeln“

Fünf Sicherheitsregeln

Vor Beginn der Arbeiten:

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Eine Ausnahme bildet die Messbereichsumschaltung. Dann muss allerdings der Schalter mindestens einen teilweisen Berührungsschutz (Finger- und Handrücksicherheit) aufweisen.

Bei Sicherheits-Messleitungen sind die Abgreifer, wie beispielsweise Tast- oder Klemmprüfspitzen, mit Griffschutzkragen und Griffbereichsmarkierungen versehen.

Damit kann sicher und normgerecht bis Messkategorie IV (CAT IV) [29] bei Bemessungsspannungen bis 1000 V AC kontaktiert werden.

Die Messkategorien (bisher Überspannungskategorien) berücksichtigen Eigenschaften wie Kurzschlussströme, Leistungen und zu erwartende transiente Überspannungen durch Schaltvorgänge im Netz und atmosphärische oder elektrostatische Entladungen.

Multimeter neuerer Generation mit normgerechten 1-poligen Verbindungsstellen und einer isolierenden Umhüllung zum Schutz vor Lichtbogengefährdung



Messkategorie CAT III, geeignet für handgehaltene Benutzung



Bei Messungen in Hauptstrom- bzw. Leistungskreisen sollten ausschließlich Abgreifer mit integrierten Hochleistungsicherungen benutzt werden.

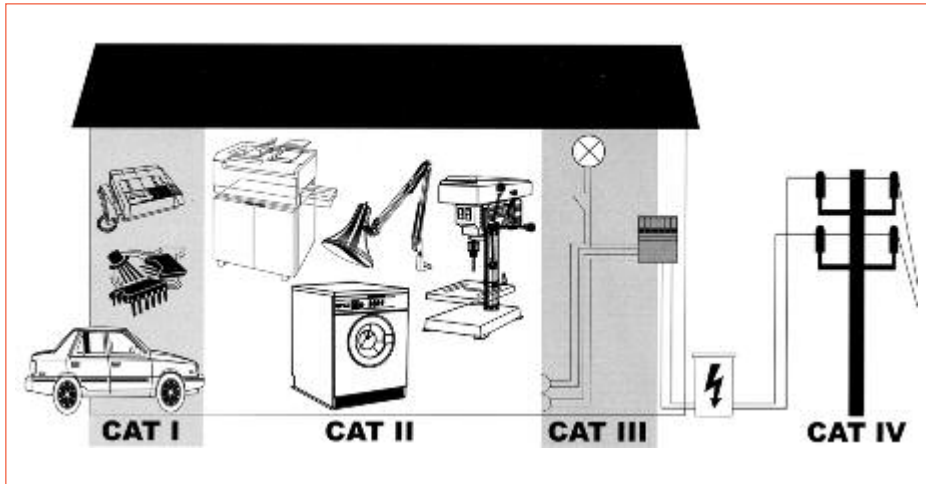
Berührungssichere Messleitung. Die transparente und arretierte Isolierhülse über der Prüfspitze ist nach Knopfdruck zurückschiebbar



Prüfspitze mit integrierter Hochleistungsicherung. Die Isolierhülse über der Prüfspitze ist nach Knopfdruck zurückschiebbar



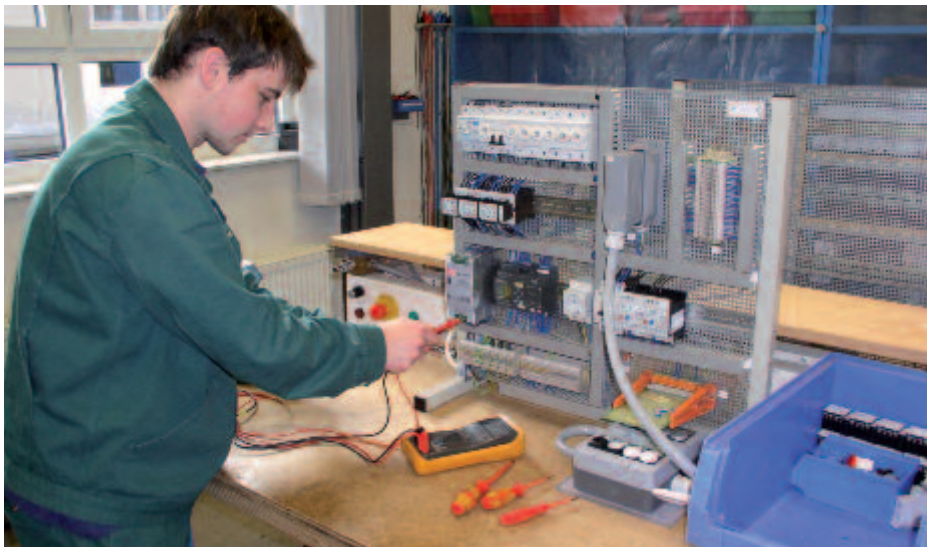
Erläuternd sei angemerkt, dass CAT III auch für Messungen innerhalb der Haus- oder Gebäudeinstallation, an Schutzzeineinrichtungen, Schützen, Schaltern, Steckdosen usw. gilt.



Abschließend ist noch darauf hinzuweisen, dass für Schutzmaßnahmen-Prüfungen ausschließlich Mess- und Prüfgeräte nach den Normen der Reihe DIN EN 61557 **VDE 0413** zulässig sind.

Beispielsweise muss ein Niederspannungsmessgerät für Messungen im Schutzleiter- oder Schutzpotentialausgleichssystem nach DIN EN 61557-4 **VDE 0413-4** gebaut sein. Herkömmliche Vielfach-Messgeräte oder Durchgangsprüfer entsprechen nicht den Anforderungen und sind daher ungeeignet.

Messung zur Störungssuche am Übungsaufbau



Inbetriebnahme

Die Freischaltung der Speisepunkte zur Inbetriebnahme der Experimentiereinrichtungen mit den dort befindlichen Experimentiertischen, Versuchsaufbauten, Steckübungen oder Verdrahtungen darf erst erfolgen, wenn keine Gefährdungen bestehen und eine Überprüfung durch den Arbeitsverantwortlichen – in der Regel ein Ausbilder oder eine Lehrkraft – stattgefunden hat.



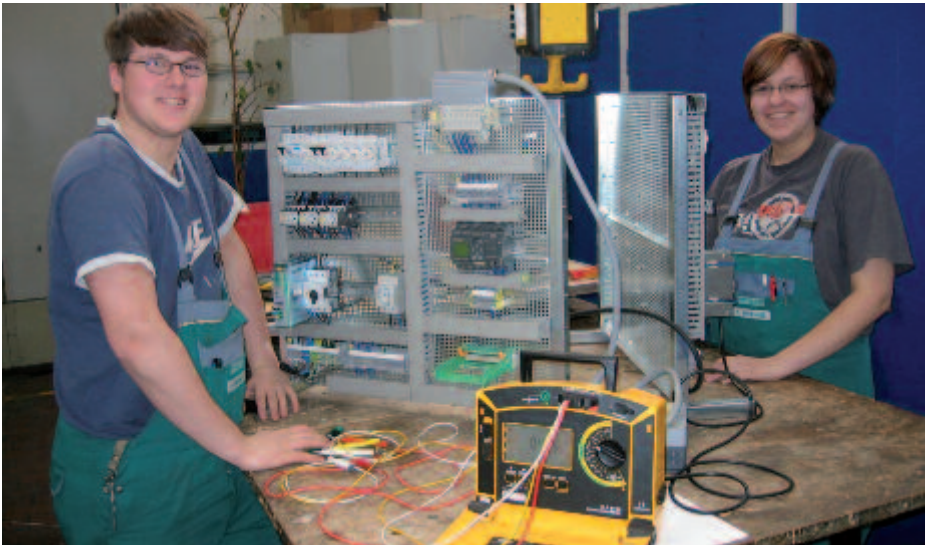
Dabei kann nach der Zusammenfügung von steckbaren Modulen eine Überprüfung auf ordnungsgemäßen Zustand durch Besichtigen ausreichend sein, insbesondere dann, wenn Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV zur Anwendung kommt. Im Einzelfall können auch Messungen zum Nachweis des Fehlerschutzes erforderlich sein, wie beispielsweise zur Beurteilung des nie-

derohmigen Durchgangs im Schutzleitersystem.

Wurden allerdings einzelne elektrische Betriebsmittel, wie Überstrom-Schutzeinrichtungen, Schaltgeräte, Betätigungselemente, Melde-/Kontrollleuchten oder Bauteile/Baugruppen, wie Netzteile oder Frequenzumrichter, durch eine Verdrahtung elektrisch zusammengesaltet, um den Experimentieraufbau anschließend mit gefährlicher Spannung zu betreiben, so ist grundsätzlich vor der ersten Inbetriebnahme des Übungs-/Versuchsaufbaus neben der Besichtigung, eine Prüfung der Schutzmaßnahme (Erstprüfung) durchzuführen [9], wobei Messungen obligatorisch sind.

Zweckmäßigerweise werden derartige Prüfungen auf Elektrosicherheit von den Experimentierenden unter Anleitung oder nach einer entsprechenden Ausbildung als Übungsaufgabe selbst vorgenommen, da diese von grundlegender Bedeutung sind.

Prüfungen vor der ersten Inbetriebnahme des Übungsaufbaus mit einem Schutzmaßnahmen-Prüfgerät



Bei den Erstprüfungen sind die infrage kommenden Errichtungsbestimmungen, z.B. für ortsfeste elektrische Anlagen bzw. Installationsmodelle VDE 0100-600, für die elektrische Ausrüstung von Maschinen [26], für Niederspannungsschaltgerätekombinationen bzw. Schaltschränke, VDE 0660-500 oder für explosionsgeschützte Anlagen VDE 0165-1 zu beachten.

Die Inbetriebnahme mit der anschließenden Funktionsprobe darf in den Fällen erst nach einer mit positivem Ergebnis abgeschlossenen Erstprüfung erfolgen.

Wurden nach der Zuschaltung und Inbetriebnahme an den Experimentiereinrichtungen Änderungen oder Instandsetzungsarbeiten durchgeführt, sind Prüfungen vor der Wiederinbetriebnahme gefordert [9]. Zur Durchführung sind dabei entweder die entsprechenden VDE-Errichtungsbestimmungen (z. B. VDE 0100-600) oder für elektrische Geräte, die relevanten VDE-Gerätenormen verbindlich (z. B. [32]).

Regeln für ein sicherheitsgerechtes Verhalten:

- Ordnung am Experimentierplatz
- Übersichtlicher Schaltungsaufbau
- Prüfung auf Elektrosicherheit vor der Inbetriebnahme
- Prüfung nach einer Änderung und Instandsetzung
- Ungehinderter Zugriff zu Betätigungseinrichtungen
- Schaltungseingriffe nur nach Freischaltung
- Zugriffsfreie Not-Aus-Betätigungselemente

Sicherheits-Einzelspannzangen, geeignet zur Kontaktierung an den Schraubbolzen vom Motorklemmbrett



Sicherheits-Motorenprüfstecker zur Befestigung am Motorklemmbrett



Der Übungs-/Versuchsaufbau darf nach dem Zuschalten oder Anlegen gefährlicher Betriebsspannung nicht mehr berührt werden.

Erforderlichenfalls sind weitere technische, organisatorische oder persönliche Sicherheitsmaßnahmen festzulegen und durchzuführen.

Durchführung von Übungen/Versuchen

Beim Experimentieren mit gefährlichen Spannungen und bei Übungen mit berührungsgefährlichen aktiven Teilen, die von den Experimentierenden durchgeführt werden, muss der Ausbilder/ die Lehrkraft im Unterrichtsraum anwesend sein und die Experimentierenden ständig beaufsichtigen.

Es muss ein Sichtkontakt sichergestellt sein.

Der Richtwert für die Anzahl der Experimentierenden je Gruppe kann mit 16 Teilnehmern angegeben werden.

Diese Gruppenstärke sollte im Allgemeinen nicht überschritten werden.

Kann der Ausbilder/die Lehrkraft den Übungs- oder Experimentierbetrieb nicht alleine überblicken, sind weitere aufsichtführende – elektrotechnisch unterwiesene – Personen (EuP) hinzuzuziehen.

Dieses kann entfallen, wenn die Experimentierenden selbst hinreichend unterwiesen wurden und somit als EuP tätig sind. Sie sollten in dem Fall aber mindestens zu zweit arbeiten, wobei die Gruppenstärke maximal 8 Personen nicht übersteigen sollte.

Beim Experimentieren ist nur das Heranführen geeigneter Mess-, Prüf- und Justiereinrichtungen an berührungsgefährliche Teile erlaubt.

Hinsichtlich der Benutzung von Spannungsprüfern siehe Abschnitt 4 „Benutzung von Mess- und Prüfgeräten“.

Eventuell im Unterrichtsraum vorhandene Gefahrenbereiche, z. B. bei Dauerversuchen, sind zu kennzeichnen. Die Experimentierenden müssen sich außerhalb dieser Bereiche aufhalten.

Auszubildende bei der Arbeit



Bei Versuchen mit Spannungen über 1 kV (Hochspannungsversuche) müssen entsprechende Warnschilder in ausreichender Anzahl angebracht werden. Dabei müssen sich die Experimentierenden außerhalb des Handbereiches

Einrichtungen zur Abgrenzung und Sicherheitskennzeichnung



Warnschild bei Spannungen über 1 kV



aufhalten, d. h., ein Hineingreifen in den Versuchsaufbau darf nicht möglich sein.

Vor jeder Veränderung der Versuchsanordnung und zur Fehlerkorrektur ist die Spannung abzuschalten.

Für derartige Tätigkeiten sind die Schild „5 Sicherheitsregeln“

Fünf Sicherheitsregeln

Vor Beginn der Arbeiten:

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

zu beachten.

Das Herausnehmen oder Einsetzen von Sicherungseinsätzen ist nur im stromlosen Zustand erlaubt. Sicherungen dürfen weder geflickt noch überbrückt werden.

Akkumulatoren (Akkus) dürfen an Experimentiereinrichtungen nur an- oder von ihnen abgeklemmt werden, wenn zu diesem Zeitpunkt kein Strom fließen kann.

Zur Ladung von Akkus dürfen nur die für den jeweiligen Typ zweckentsprechenden Ladegeräte verwendet werden. Dabei sind möglichst Akkus mit gleichem Ladezustand einzulegen. Hierzu ist die Bedienungsanleitung des Ladegeräte-Herstellers zu beachten.

Werden Akkus geladen, bei denen Gasung austreten kann, sind diese so aufzustellen, dass ein entstehendes Gasgemisch durch die natürliche Raumbelüftung verdünnt wird und dadurch seine Explosionsfähigkeit verliert.

Keinesfalls Primärbatterien aufladen, da sonst Elektrolyt austreten kann und dadurch das Ladegerät zerstört wird. Außerdem besteht dabei eine akute Explosions- und Brandgefahr.

Entladene Batterien und unbrauchbare Akkus müssen in geeigneter Weise sachgerecht entsorgt werden.

Vorsicht bei Kondensatoren, sie könnten noch geladen sein.

Kondensatoren, die für Experimente verwendet werden, sind vor und nach dem Versuch zu entladen (4. Sicherheitsregel beachten). Auch bei kleinen Kondensatoren können gefährliche Spannungen auftreten und hohe Kurzschlussströme fließen.

Die stets verbleibende Restladung im Kondensator (dielektrische Absorption) muss durch eine Entladeeinrichtung abgebaut werden.

Ein dazu geeigneter Widerstand (etwa 1 W) bleibt für den Zeitraum der durchzuführenden Arbeiten fest angeschlossen.

Bei Elektrolyt-Kondensatoren ist auf die richtige Polung zu achten. Es darf keine zu hohe Spannung angelegt werden, da sonst die Isolierschicht zerstört werden kann und Explosionsgefahr besteht. Diese Kondensatoren müssen bei Nichtgebrauch mit einer aktiven Entladeeinrichtung aufbewahrt werden.

Im Bedarfsfall ist der Ausbilder/die Lehrkraft zu befragen.

Übungsaufbau „Schütz-Schaltung“



Gefahren können auch von den Spannungsspitzen ausgehen, die besonders beim Ausschalten von Spulen mit großer Induktivität entstehen.

Im Experimentierbereich vorhandene Drehstromanschlüsse (Dreiphasen-Spannung) 400 V AC dürfen nur für den Betrieb von Drehstromgeräten verwendet werden.

Während des Experimentierens müssen die Zugänge und die zum Bedienen erforderlichen Räume vor Schalt- und Verteilungsanlagen von hinderlichen Gegenständen frei bleiben.

Bedienteile zum Schalten im Gefahrfall, z. B. Not-Aus-Einrichtungen sowie die Einrichtungen zur



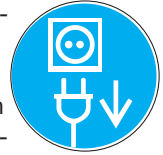
Schutzmaßnahmenprüfung im Rahmen der Ausbildung am Übungsaufbau „Gebäude-Installation“



Brandbekämpfung und ein vorhandenes Notfalltelefon müssen gekennzeichnet und ständig zugänglich bleiben.

Fluchtwege sind dauernd frei zu halten, wobei die Fluchttüren von innen jederzeit zu öffnen sein und nach außen aufschlagen müssen.

Werden Mängel oder Schäden festgestellt, die eine Gefahr für Personen oder Sachgüter zur Folge haben können, ist das Experimentieren sofort zu unterbrechen.



Von dem Ausbilder/der Lehrkraft oder der aufsichtführenden Person sind umgehend Maßnahmen zur Beseitigung dieser Gefährdungen zu treffen und es ist ein sicherer Zustand herzustellen.

Es ist zulässig, die Gefahr durch einen Mangel vorübergehend durch Unterbrechung des Experimentiervorgangs oder durch Abgrenzung mittels Anbringung geeigneter Schutzvorrichtungen bis zur Beendigung des Experiments zu beseitigen.

Bei Ausbruch eines Brandes sind die Experimentiereinrichtungen allerdings auszuschalten, soweit sie nicht für die Brandbekämpfung unter Spannung gehalten werden müssen oder die Ausschaltung andere Gefahren verursacht.

Außerbetriebnahme

Die Energieversorgung ist nach Beendigung der Übung oder beim Auftreten unvorhersehbarer Gefahren, wie Lichtausfall, Ausbruch eines Brandes o. Ä., auszuschalten und gegen Wiedereinschalten zu sichern.



Der Abbau von Experimentiereinrichtungen bzw. Versuchsanordnungen darf nur im spannungsfreien Zustand erfolgen.

Leitungsverbindungen sollten auch nach der Freischaltung zuerst am Speisepunkt bzw. an der Spannungsquelle getrennt werden.

Beim Abräumen von elektrischen Geräten sind eventuell noch bestehende Netzverbindungen zu beachten.

Regelmäßige Unterweisung/ Unterrichtung/Ausbildung

Wie im Arbeitsschutzgesetz § 12 [1], in der Betriebssicherheitsverordnung § 9 [4] sowie in der Unfallverhütungsvorschrift BGV A 1, 2. Kapitel, § 4 [8] festgelegt ist, müssen auch Experimentierende in einer Ausbildungsstätte von dem Anlagen- und/oder Arbeitsverantwortlichen, in der Regel ein Ausbilder oder eine Lehrkraft, regelmäßig unterwiesen werden.



Die Unterweisung ist in angemessenen Zeitabständen und im Bedarfsfall durchzuführen.

Richtwerte für die regelmäßige

Unterweisung: halbjährlich,
bei Minderjährigen: vierteljährlich

Sie muss, neben den allgemein gültigen Verhaltensregeln, auch mögliche Gefährdungen beim Üben, Versuchen und Experimentieren, bei unsachgemäßem Gebrauch sowie bei unsachgemäßem Verhalten beinhalten. Gegebenenfalls

muss für jeden neuen Versuch eine Unterweisung durchgeführt werden.

Zu vermitteln ist auch die Anordnung und Wirksamkeit der vorhandenen Sicherheitseinrichtungen, wie beispielsweise Not-Aus-Einrichtungen sowie die zu benutzenden Speisepunkte, wie z. B. Steckdosen.

Die Beschäftigten in den Experimentierbereichen (Ausbilder, Lehrkräfte) und die Experimentierenden (Teilnehmer) sind ferner über den Inhalt der Flucht- und Rettungspläne zu informieren. Die Häufigkeit der Übungen für den Gefahren-, wie auch Katastrophenfall (Notfall-Übung), richtet sich insbesondere nach der räumlichen Ausdehnung der Ausbildungsstätte, der Zusammensetzung der Beschäftigten und Experimentierenden sowie der besonderen Gefahrenlage.

Außerdem ist eine ausreichende Anzahl der in der Ausbildungsstätte ständig beschäftigten Personen, z. B. Ausbilder und Lehrkräfte, in der Wiederbelebung bei Unfällen durch elektrischen Strom auszubilden.

Diese Personen, erweitert um Beschäftigte aus dem Produktions- und Verwaltungsbereich, sind darüber hinaus in ausreichender Anzahl in der Bedienung geeigneter Feuerlöscheinrichtungen, wie z. B. Löschanlagen, Handfeuerlöschers, Löschdecken, Löschsand, ggf. Rauchabzüge, zu unterrichten [20].

Jede Sicherheitsunterweisung muss schriftlich festgehalten und aktenkundig gemacht werden. Die Teilnehmer unterzeichnen anschließend ihre Anwesenheit und bestätigen dass die Inhalte richtig verstanden wurden. Siehe ergänzend hierzu auch Abschnitt 4 „Einweisung und Sicherheitsunterweisung“ sowie Anhang 6 „Unterweisungsnachweis“.

Aushänge, Einrichtungen und Regelungen

Die Aushänge und die Sicherheitskennzeichnungen dienen der Unfallverhütung. Folgende Aushänge sind für die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz besonders wichtig:

- Aushang „Verhalten bei Unfällen“
- Aushang „Anleitung zur Ersten Hilfe bei Unfällen“
- Aushang „Verhalten im Brandfall“

Die genannten Aushänge, sowie deren zugehörige Einrichtungen, müssen in ausreichender Anzahl, auf aktuellem Stand und in ordnungsgemäßem Zustand im Bereich der Experimentiereinrichtung vorhanden sein.

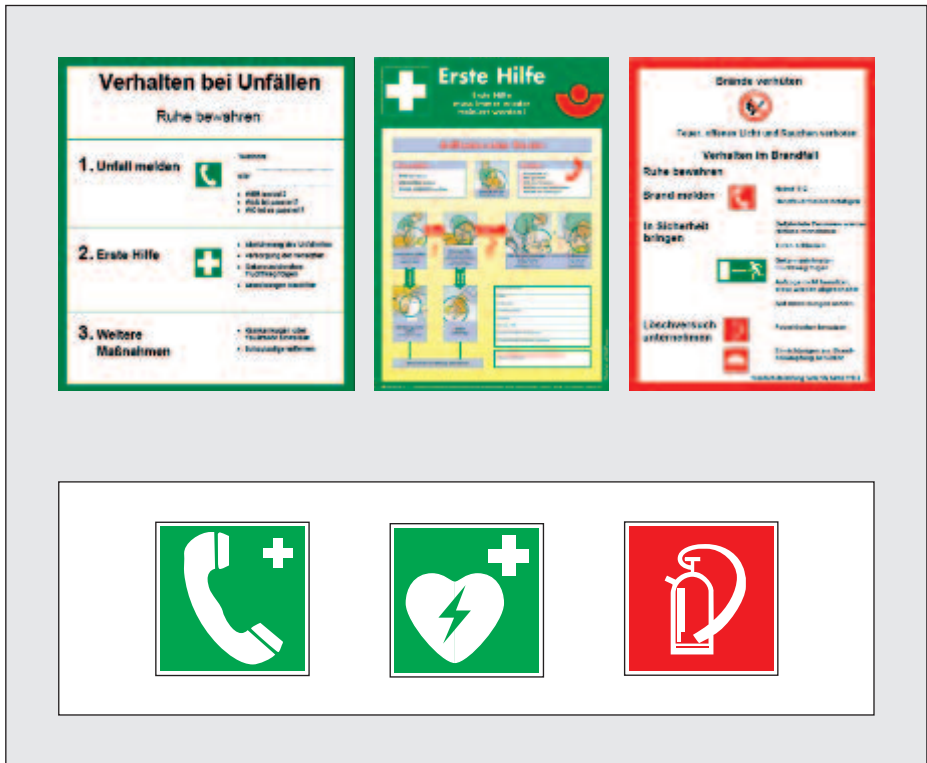
Auch sind die Geräte und Einrichtungen zur Ersten Hilfe sowie zur Brandbekämpfung jederzeit griffbereit zu halten.

Dazu gehören insbesondere:

Verbandkasten, Rettungsgeräte, Verletzten-, Rettungs-, und Kranken-Transportmittel, Defibrillator, ggf. Augendusche, Handfeuerlöscher, Löschdecke, Löschsand, Notruftelefon, Notrufverzeichnis usw.

Betriebliche Flucht- und Rettungspläne sind an geeigneter Stelle innerhalb der Experimentiereinrichtung (z. B. „Schwarzes Brett“) auszuhängen.

Sie sind ferner so zu hinterlegen, dass sie den Rettungsmannschaften jederzeit zur Verfügung stehen.



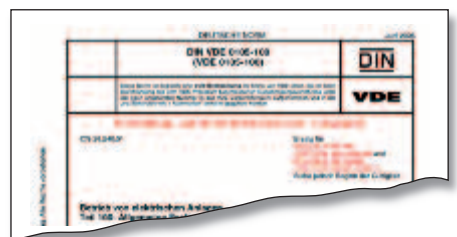
Die Betriebsbestimmungen VDE 0105-100 [20], VDE 0105-112 [21] sowie ggf. VDE 0104 [19] müssen an geeigneter Stelle zur Einsichtnahme durch

die Experimentierenden ausgelegt und zusätzlich allen Ausbildern bzw. Lehrkräften ausgehändigt werden.



Auch sind die notwendigen gesetzlichen und berufsgenossenschaftlichen Regelungen zur Unfallverhütung sowie zum Gesundheitsschutz bereitzulegen und den Experimentierenden zugänglich zu machen.

Für das sichere Betreiben/Benutzen von Experimentiereinrichtungen ist eine Arbeitsanweisung zu erstellen (z. B. Ausbildungs-Werkstattordnung) und deren Einhaltung ist zu überwachen. Die relevanten Verhaltensregeln können in den Richtlinien einer Ausbildungs-Rahmenordnung festgeschrieben werden (siehe Anhang 6).



5

Prüfungen

Die Betriebssicherheitsverordnung [4], in Verbindung mit den zugehörigen technischen Regeln [5], wie auch die Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 [9] schreiben wiederkehrende Prüfungen der elektrischen Arbeits-/Betriebsmittel vor.



Derartige Prüfungen sind von dazu befähigten Personen durchzuführen [6].

Ortsveränderliche elektrische Arbeits-/Betriebsmittel

Bereits **vor jeder Benutzung** der für das Experimentieren erforderlichen Betriebsmittel, wie Geräte, Mehrfachverteiler, Anschlussleitungen mit Steckern, Experimentierleitungen, Mess- und Prüfgeräte, Mess- und Prüfzubehör usw., aber auch Werkzeuge sowie Schutz- und Hilfsmittel, wie Gesichtsschutz, Isoliermatten usw., muss eine Prüfung auf augenfällige Mängel und Schäden erfolgen.

Beschädigte Betriebsmittel dürfen nicht verwendet werden.

Bis einschließlich dem 2. Ausbildungsjahr ist dieses durch eine Elektrofachkraft – ggf. ein Ausbilder/eine Lehrkraft – sicher zu stellen. Ab dem 3. Ausbildungsjahr kann diese Sicherheitsprüfung ggf. vom Experimentierenden selbst vorgenommen werden. Die fachtechnischen Grundlagen müssen vorher vermittelt worden sein,

die Person umfassend qualifiziert und geeignet (befähigt) sein.

Von herausragender Bedeutung ist hierbei die Sichtprüfung aller zum Einsatz kommenden flexiblen Leitungen und Steckvorrichtungen, insbesondere im Bereich der Leitungseinführungen sowie der Biege- und Knickschutzteile.

Durch starke mechanische Beanspruchungen, wie Einklemmen, Zug, Stoß, Schlag, usw., können Gefahr bringende Schäden entstehen. Übermäßiger Zug beim Bewegen der Betriebsmittel kann die Anschlüsse lockern oder lösen.

Werden derartige Mängel oder Schäden sowie andere, die eine Gefahr für Personen oder Sachgüter zur Folge haben können, durch Besichtigen festgestellt, so sind die Betriebsmittel sofort der Benutzung zu entziehen und Maßnahmen zur Beseitigung dieser Mängel zu treffen.



Wiederkehrende Prüfung eines Lötkolbens mit einem Betriebsmittel-Prüfgerät



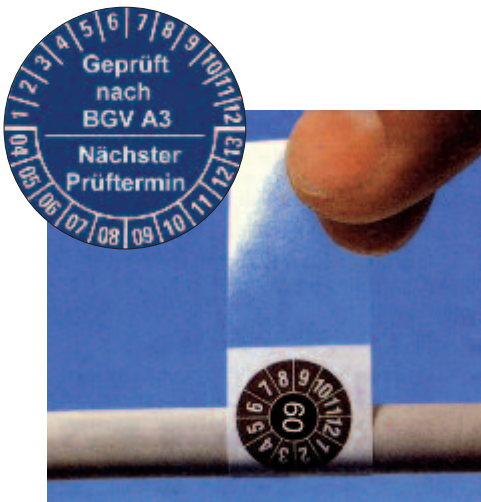
Darüber hinaus müssen **wiederkehrende Prüfungen** auf ordnungsgemäßen Zustand organisiert sein.

Diese erfolgen bei entsprechender Befähigung gem. TRBS 1203 Teil 3 durch eine Elektrofachkraft (EF) oder unter deren Verantwortung und sind nach TRBS 1201 [5] sowie § 5 Tabelle 1B der Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 [9], entsprechend den Festlegungen von VDE 0701-0702 [32] vorzunehmen.

Richtwert für die Wiederholungsprüfungen: Alle 3 Monate.

Dabei ist auch zu prüfen, ob die zum Experimentieren vorgesehenen elektrischen Betriebsmittel, z. B. ortsveränderliche Geräte, Experimentierleitungen, Steckvorrichtungen, den Anforderungen der gültigen Normen und des jeweiligen Experiments genügen sowie für die zu erwartenden Umgebungsbedingungen geeignet sind. Die Herstellerangaben sind hierbei zu berücksichtigen.

Dokumentation der Betriebsmittelprüfung am Prüfling durch Prüf-Plakette oder -Banderole.



Ortsfeste elektrische Anlage und Betriebsmittel

Für die ortsfeste elektrische Anlage und die stationären Betriebsmittel ist ebenfalls gemäß TRBS 1201 [5] sowie § 5, jedoch nach Tabelle 1 A der Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 [9] eine jährliche Prüffrist für „Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art“ (VDE 0100 Gruppe 700) festgeschrieben. Darunter fallen im Teil 723 auch Experimentiereinrichtungen.

Die Prüfungen sind gem. VDE 0105 [20] von einer Elektrofachkraft (EF) mit entsprechender Qualifikation durchzuführen.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD's) müssen arbeitstäglich durch Betätigung der Prüfeinrichtung – in der Regel die Prüftaste – auf einwandfreie Funktion geprüft werden.

Auch die Sicherheitseinrichtungen (z. B. Not-Aus-Einrichtungen) müssen vor dem Experimentieren auf Funktion überprüft werden. Bei täglich mehrmaligen Experimenten genügt die Überprüfung auf Funktion vor dem ersten Experiment.

Die durchgeführten Prüfungen sind grundsätzlich in geeigneter Form zu dokumentieren [4]. Dabei ist es empfehlenswert, die Messwerte aufzuzeichnen.

Dokumentation des Prüfergebnisses mit einem PC-System



Checkliste

zum sicheren Betreiben von Experimentiereinrichtungen

<input type="checkbox"/>	Ist eine dokumentierte Gefährdungsbeurteilung gem. Arbeitsschutzgesetz, BetrSichV und BGV A 1 erfolgt und wird diese regelmäßig aktualisiert?
Die Arbeitsbedingungen und Gefährdungen sind zu ermitteln:	
<input type="checkbox"/>	Ist ein Anlagenverantwortlicher für die Experimentiereinrichtung benannt?
<input type="checkbox"/>	Besteht eine geeignete Zutrittsverhinderung für Unbefugte ?
<input type="checkbox"/>	Entspricht die Sicherheitskennzeichnung im Experimentierbereich der BGV A 8?
<input type="checkbox"/>	Sind Arbeits-/Betriebsanweisungen sowie ggf. Regeln für bestimmte Arbeitsbereiche und Arbeitstechniken für den Experimentierbereich vorhanden?
<input type="checkbox"/>	Wurde hinsichtlich der Gefahren des elektrischen Stroms unterrichtet und sind die „5 Sicherheitsregeln“ bekannt?
<input type="checkbox"/>	Wissen die Experimentierenden, was bei Störungen zu tun ist und wem diese gemeldet werden müssen?
<input type="checkbox"/>	Wurden die Experimentierenden belehrt, dass keine nassen oder feuchten Betriebsmittel angefasst werden dürfen?
<input type="checkbox"/>	Sind die elektrischen Arbeits-/Betriebsmittel für die zu erwartenden Umgebungsbedingungen und Beanspruchungen im Übungsbereich geeignet ?
<input type="checkbox"/>	Sind der Berührungsschutz und mechanische Schutzvorrichtungen für die vorgesehenen Aufgaben und Anwendungen der Arbeits-/Betriebsmittel sichergestellt?
<input type="checkbox"/>	Sind die Bedienungsanleitungen der elektrischen Geräte verfügbar?
<input type="checkbox"/>	Wurden die Experimentierenden unterwiesen, dass elektr. Arbeits-/Betriebsmittel nur für den bestimmungsgemäßen Gebrauch geeignet sind?
<input type="checkbox"/>	Haben die Experimentierenden Kenntnis, dass vor der Benutzung der Experimentiereinrichtung eine Besichtigung auf augenfällige Mängel und Schäden notwendig ist?
<input type="checkbox"/>	Wird die arbeitstägliche Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen im Experimentierbereich, z. B. F.I.-Schutz und Not-Aus, durchgeführt?
<input type="checkbox"/>	Sind die Experimentierenden belehrt, dass keine Veränderungen an Sicherheitseinrichtungen vorgenommen werden dürfen?
<input type="checkbox"/>	Ist es den Experimentierenden untersagt, selbst Reparaturarbeiten an den elektrischen Ausrüstungen durchzuführen?
<input type="checkbox"/>	Ist bei Übungen mit gefährlichen Spannungen eine ständige Beaufsichtigung sichergestellt?
<input type="checkbox"/>	Wissen die Experimentierenden, wer für Instandsetzungsarbeiten an elektrischen Einrichtungen zuständig ist und ist geregelt, dass die zuständige Person defekte Geräte erhält?

Anhang 6

<input type="checkbox"/>	Sind die Schutz- und Hilfsmittel , z. B. Gesichtsschutz, isolierendes Abdeckmaterial, Absperrrichtungen, in erforderlichem Umfang und ordnungsgemäßen Zustand vorhanden ?
<input type="checkbox"/>	Ist organisiert, dass die wiederkehrenden Prüfungen der ortsfesten elektrischen Anlage und Betriebsmittel sowie der ortsveränderlichen Arbeitsmittel im Experimentierbereich durchgeführt und dokumentiert werden?
<input type="checkbox"/>	Steht eine ausreichende Anzahl von Ersthelfern , die auch in der Herz-Lungen-Wiederbelebung nach Elektrounfällen ausgebildet ist, zur Verfügung?
<input type="checkbox"/>	Werden die Unterweisungen/Unterrichtungen regelmäßig durchgeführt und dokumentiert?
<input type="checkbox"/>	
Grundsätzlich ist weiterhin zu ermitteln:	
<input type="checkbox"/>	Sind die Flucht- und Rettungswege gekennzeichnet und freigehalten?
<input type="checkbox"/>	Können die Fluchttüren ohne Hilfsmittel geöffnet werden?
<input type="checkbox"/>	Sind die Aufbewahrungsorte von Erste-Hilfe-Material und Krankentrage den Experimentierenden sowie Beschäftigten bekannt und sind diese gekennzeichnet, vollständig und in ordnungsgemäßem Zustand vorhanden?
<input type="checkbox"/>	Ist das Verbandzeug ausreichend vorhanden, leicht zugänglich, ordnungsgemäß aufbewahrt (z. B. im Verbandkasten) und wird dieses regelmäßig kontrolliert?
<input type="checkbox"/>	Wird ein Verbandbuch geführt, in das auch kleine Verletzungen eingetragen werden?
<input type="checkbox"/>	Ist ein aktueller Erste-Hilfe-Aushang vorhanden?
<input type="checkbox"/>	Sind ausreichend ausgebildete Ersthelfer vorhanden und wird für deren regelmäßige Weiterbildung gesorgt?
<input type="checkbox"/>	Sind besondere Rettungsgeräte (z.B. Sauerstoffgerät, Defibrillator) vorhanden und steht für deren Handhabung sachkundiges Personal zur Verfügung?
<input type="checkbox"/>	Ist ein Alarmplan aufgestellt und sind geeignete Meldeeinrichtungen in ausreichender Anzahl vorhanden?
<input type="checkbox"/>	Sind die Feuerlöscheinrichtungen frei zugänglich, leicht erreichbar und werden diese regelmäßig geprüft?
<input type="checkbox"/>	Ist die Beleuchtung ausreichend?
<input type="checkbox"/>	Sind keine Gefährdungen durch Sturz, Absturz, Ausrutschen vorhanden?
<input type="checkbox"/>	Sind die Arbeitsplätze ergonomisch gestaltet, z. B. die Bildschirmarbeitsplätze?
<input type="checkbox"/>	Besteht keine Gefährdung der Atmungsorgane , z. B. durch Schweißbrauche?
<input type="checkbox"/>	Ist sichergestellt, dass beim Umgang mit Gefahrstoffen die notwendigen hygienischen Maßnahmen getroffen werden und nicht gegessen oder getrunken wird?
<input type="checkbox"/>	Bestehen keine Hautgefährdungen , z. B. durch Elektrolyt?

<input type="checkbox"/>	Sind geeignete Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemittel vorhanden (Hautschutzplan)?
<input type="checkbox"/>	Werden erforderliche Körperschutzmittel (PSA), wie ggf. Handschuhe, Brillen, Gehörschutzmittel usw. zur Verfügung gestellt sowie benutzt und befinden sich diese in ordnungsgemäßen Zustand?
<input type="checkbox"/>	Werden geschlossene Arbeitskleidung und Sicherheitsschuhe getragen?
<input type="checkbox"/>	
Sind besondere Maßnahmen für schutzbedürftige Personen zu treffen?	
<input type="checkbox"/>	Jugendliche
<input type="checkbox"/>	Werdende oder stillende Mütter
<input type="checkbox"/>	Behinderte
<input type="checkbox"/>	Träger von aktiven Implantaten, z. B. Herzschrittmacher, Insulinpumpe
<input type="checkbox"/>	
Sind weitere Gefährdungen und Belastungen vorhanden oder zu ermitteln?	
<input type="checkbox"/>	Mechanische, z. B. ungeschützte Maschinenteile, bewegte Transport- und Arbeitsmittel
<input type="checkbox"/>	Thermische, z. B. heiße Oberflächen, Arbeiten mit brennbaren Stoffen
<input type="checkbox"/>	Physikalische, z. B. Lärm, Vibration
<input type="checkbox"/>	Chemische, z. B. Gefahrstoffe, wie Säuren, Laugen, Gase, Dämpfe, Stäube
<input type="checkbox"/>	Biologische, z. B. Mikroorganismen
<input type="checkbox"/>	Physische, z. B. schwere dynamische Arbeit
<input type="checkbox"/>	

Ausbildungs-Rahmenordnung (Muster)

Ein ordnungsgemäßer Ausbildungsbetrieb mit einem hohen Maß an Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz ist nur gewährleistet, wenn die nachstehenden Festlegungen beachtet werden.

Folgende Richtlinien sind für alle in der Ausbildungswerkstatt tätigen Personen verbindlich:

1. Der Ausbildungsleiter stellt als Anlagenverantwortlicher sicher, dass sich die Anlagen und technischen Einrichtungen der Ausbildungswerkstatt in betriebs sicherem Zustand befinden. Er überwacht die Einhaltung der Unfallverhütungsvorschriften und wirkt darauf hin, dass die VDE-Bestimmungen und sonstigen betrieblichen Regelungen beachtet werden.
2. Den Anweisungen des Ausbildungsleiters, Herrn „Mustermann 1“ und des Ausbilders/Praktikumsleiters (Arbeitsverantwortlicher), Herrn „Mustermann 2“ ist während der Durchführung von Übungen/Versuchen Folge zu leisten. Verstöße gegen diese Richtlinien werden durch den Ausbildungsleiter geahndet.
3. Jede Arbeit in der Ausbildungswerkstatt bedarf besonderer Sorgfalt bei der Durchführung der Versuche/Übungen. Selbstständiges Arbeiten und Bedienen der Experimentiereinrichtungen ist nur gestattet, wenn vorher eine Ein-/Unterweisung durch das Ausbildungspersonal erfolgt.
In der ausbildungsfreien Zeit ist das selbstständige Arbeiten an den Einrichtungen nur nach vorheriger Zustimmung durch den Ausbildungsleiter oder seines Beauftragten gestattet.
4. Unbefugter Aufenthalt in der Ausbildungswerkstatt ist nicht gestattet.
5. Nach Beendigung der Übungen/Versuche ist der Arbeitsplatz aufzuräumen. Experimentiereinrichtungen sind an die Stelle zurückzubringen, von der sie entnommen wurden.
6. Es ist verboten, fremde Übungs-/Versuchsaufbauten und Messanordnungen zu berühren bzw. irgendwelche Veränderungen daran vorzunehmen.
7. Die Entnahme von Geräten und sonstigen Arbeitsprodukten für den persönlichen Gebrauch oder zur Weitergabe an andere Personen ist nur mit Erlaubnis des Ausbildungsleiters gestattet.
8. Das Ablegen von privaten Gegenständen (z. B. Kleidungsstücke, Taschen, Rucksäcke), das Rauchen und der Konsum von Getränken sind in den Arbeitsbereichen der Ausbildungswerkstatt nicht erlaubt.
9. Anlagen und technische Einrichtungen der Ausbildungswerkstatt sind pfleglich zu behandeln. Geräte und Gegenstände dürfen nur mit Zustimmung des Ausbildungsleiters und während einer Übung/Versuch des zuständigen Ausbilders oder deren Beauftragten aus den Aufbewahrungsschränken entnommen oder von anderen Arbeitsplätzen entfernt werden.
10. Mängel und Schäden an technischen Einrichtungen sind unverzüglich dem Ausbildungsleiter, dem Ausbilder oder dessen Beauftragten zu melden.
11. Ein Experimentierender muss durch Unterweisung in den Stand einer „elektrotechnisch unterwiesenen Person“ (EuP) versetzt werden. D. h., er ist über die ihm übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet, erforderlichenfalls angeleitet sowie über die notwendigen Schutzvorrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt worden. Dies gilt für weitgehend selbstständiges Arbeiten in der Ausbildungswerkstatt im spannungslosen Zustand, z. B. beim Aufbau eines Versuchs. Vor Inbetriebnahme muss die Schaltung vom Ausbilder überprüft werden.
12. Unfallverhütungsvorschriften, VDE-Bestimmungen sowie betriebliche Regelungen usw., die durch Aushang, Hinweisschilder oder Anweisungen der Ausbilder bekannt gegeben werden, müssen genau befolgt werden. Die relevanten Regelwerke liegen zur Einsichtnahme im Sozialraum aus.
Bei Unfällen durch elektrischen Strom (Aushang beachten) ist:
 - Zuerst sofort abzuschalten und
 - den Verletzten unverzüglich in ärztliche Behandlung zu überführen.
13. Wird das Tragen von Schutzkleidung/-ausrüstung vorgeschrieben, ist diese zu benutzen.
14. Bei Arbeiten an bewegten Maschinenteilen muss eng anliegende Kleidung getragen werden.
Langes Haar muss zurück gebunden sein oder es muss eine Arbeitsmütze (ggf. Haarnetz) getragen werden.
15. Die Zugänge zu den Not-Aus-Betätigungseinrichtungen, Elektroverteilern, Feuerlöscheinrichtungen sowie Fluchtwege, Durchgänge und Türen sind freizuhalten.
16.

Ausbildungs-Werkstattordnung (Muster)

Es gelten die Festlegungen der „Ausbildungs-Rahmenordnung“.

In Ergänzung dazu sind folgende Richtlinien verbindlich einzuhalten:

1. Den Anweisungen des Ausbildungsleiters als Anlagenverantwortlicher bzw. des Ausbilders als Arbeitsverantwortlicher ist Folge zu leisten.

Verstößt ein Experimentierender gegen diese Richtlinien, werden die Verstöße in geeigneter Weise geahndet.

2. Arbeiten unter Spannung (Nennspannung $\geq 25/60$ V AC/DC) sind grundsätzlich verboten. Es sind die „5 Sicherheitsregeln“ zu beachten.

Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln dürfen nur von befähigten Personen, d. h., von Elektrofachkräften, durchgeführt werden.

Bei Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln gilt:

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

3. In der Ausbildungswerkstatt befinden sich Not-Aus-Einrichtungen. Bei Gefahr ist sofort ein NOT-AUS zu betätigen. Die Not-Aus-Betätigungseinrichtungen sind daran erkennbar, dass sie eine rote Handhabe auf gelber Kontrastfläche besitzen. Der Zugang zu den Not-Aus-Betätigungseinrichtungen darf nicht durch Kleidung, Taschen oder Ähnliches behindert werden.
4. Personal-Computer dürfen nur durch Ausbilder/Lehrkräfte in Betrieb genommen werden. Die Benutzung der Computer bedarf der Zustimmung durch den Ausbilder/die Lehrkraft.
5. Es ist untersagt, Software von einem Rechner in der Ausbildungswerkstatt auf Datenträger zu kopieren, zu verschieben oder Änderungen der Software vorzunehmen.
6. Es ist nicht gestattet, Software auf Werkstattrechner zu installieren oder zu Spielzwecken aufzurufen.
7. Essen, Rauchen und Trinken ist im Bereich der Ausbildungsplätze nicht gestattet.
8. Die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel sind in bestimmten Zeitabständen zu prüfen.
9. Es ist nicht gestattet, Gegenstände in den Arbeitsbereich der Ausbildungswerkstatt zu tragen, die eine Brand- oder Explosionsgefahr darstellen.
10. Leitfähige Schmuckstücke (Ketten, Ringe, Armbänder usw.) sowie Körperschmuck (Piercing) dürfen nicht getragen werden.
11.
12.

BETRIEBSANWEISUNG Nr.

(Zusätzlich ist ggf. die Arbeitsanweisung Nr.: XX zu beachten)

Prüf- u. Messaufgaben an Experimentiereinrichtungen im Spannungsbereich II (VDE 0100-410), z. B. bis 400 V AC.
(Nur zulässig, wenn ein Ausbilder/eine Lehrkraft anwesend ist und den/die Experimentierenden ständig beaufsichtigt!)

1. ANWENDUNGSBEREICH

Heranführen geeigneter Mess-, Prüf- und Justiereinrichtungen an berührungsgefährliche Teile von Experimentier-/Übungs-/Versuchseinrichtungen in der Ausbildungswerkstatt, auch zur Fehlersuche.
Es handelt sich dabei um Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen (AuS) von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln oder in deren Nähe.

2. GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

- Körperdurchströmung: Durch Verkrampfung nicht loslassen können, heftige Körperreaktion (Sekundärnfall), Herzkammerflimmern, Versagen von Atmung und/oder Kreislauf, innere Verbrennungen.
- Verbrennungen bei Lichtbogenbildung/Brandgefahr durch elektrische Betriebsmittel.
- Absturzgefahr bei Arbeiten auf höher gelegenen Arbeitsplätzen durch Schreckreaktion.

3. SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN

- Es dürfen jeweils nur die in dieser Anweisung beschriebenen Arbeiten durchgeführt werden.
- Arbeitsschritte sind vom Arbeitsverantwortlichen (Ausbilder/Lehrkraft) mit dem Experimentierenden abzustimmen.
- Arbeiten so vorbereiten und ausführen, dass die Person potentialfrei/isoliert und vor Lichtbogeneinwirkung geschützt tätig werden kann. Ggf. persönliche Schutzausrüstung (PSA) benutzen, z. B. Elektriker-Schutzhelm mit Gesichtsschutzschirm, isolierender Handschutz, Standortisolierung, isolierendes Abdecktuch zum Abdecken benachbarter unter Spannung stehender Teile.
- Sicherstellung der Überwachung durch eine elektrotechnisch unterwiesene Person (EUP), die in der Herz-Lungen-Wiederbelebung (HLW) ausgebildet ist.
- Die Umgebungsbedingungen (z. B. fester Standort, trockenes Umfeld) müssen die sichere Ausführung der Arbeiten erlauben.
- Die verwendeten Mess- und Prüfgeräte, Werkzeuge, PSA und Hilfsmittel müssen geeignet (z. B. isoliert) und vor der Benutzung auf augenfällige Mängel und Schäden überprüft worden sein.
- Spannungsprüfer sind kurz vor der Benutzung auf einwandfreie Funktion zu prüfen.
- Bei Arbeitsunterbrechungen sind die Experimentiereinrichtung so zu sichern, z. B. durch Freischaltung, dass keine Gefahren für Dritte entstehen können.

4. VERHALTEN BEI STÖRUNGEN

Beim Auftreten unvorhersehbarer Gefahren, ist der Experimentierende verpflichtet, die Arbeit sofort zu unterbrechen und einen Ausbilder/eine Lehrkraft zu informieren.

- Fallen Gegenstände in die Experimentiereinrichtung: Arbeiten sofort unterbrechen; Spannungsfreiheit herstellen.
- Bei Lichtausfall: Arbeit unterbrechen.
- Störungen melden an

5. VERHALTEN BEI UNFÄLLEN, ERSTE HILFE

- Anlage freischalten und Verletzten bergen; ggf. mit isolierenden Hilfsmitteln.
- Erste Hilfe leisten, Arzt/Notarzt rufen lassen Tel.:, ggf. zusätzlichen Ersthelfer anfordern.
- Unfall melden Tel.:

6. INSTANDHALTUNG, ENTSORGUNG

- Persönliche Schutzausrüstungen, isolierte Werkzeuge, Schutz- und Hilfsmittel trocken und sauber aufbewahren.
- Mess- und Prüfgeräte, PSA, Werkzeuge und Hilfsmittel vor Gebrauch auf ordnungsgemäßen Zustand (z. B. Löcher, Isolierschäden, Aufweitung an Schlüsseln, runde Schraubendreherscheiden) prüfen.
- Schadhafte Arbeits- und Hilfsmittel sind zu entsorgen.

7. FOLGEN DER NICHTBEACHTUNG

- Personenschäden mit gesundheitlichen Folgen: Erkrankung, Verletzung, Tod.
- Sachschäden bis zur völligen Zerstörung von Anlagen und Gebäuden.
- Beschädigungen und/oder verkürzte Nutzungsdauer der Arbeits- und Hilfsmittel.
- Arbeitsrechtliche Folgen: Verweis, Abmahnung ...

Datum:

Unterschrift:

Beispiel für eine Betriebsanweisung (Muster [BGI 578 beachten]) „Heranführen von Mess-, Prüf- und Justiereinrichtungen an berührungsgefährliche Teile“

Wichtige Regelwerke

Gesetze, Verordnungen, Vorschriften, Bestimmungen, Richtlinien

- [1] Arbeitsschutzgesetz ArbSchG
- [2] Arbeitsstättenverordnung ArbStättV
- [3] Arbeitsstättenrichtlinien ASR
- [4] Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV
- [5] Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 1201 „Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“
- [6] Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 1203 „Befähigte Personen“ – Allgemeine Anforderungen –
- [7] Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2131 „Elektrische Gefährdungen“
- [8] Unfallverhütungsvorschrift BGV A 1 „Grundsätze der Prävention“
- [9] Unfallverhütungsvorschrift BGV A 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- [10] Unfallverhütungsvorschrift BGV A 8 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“
- [11] DIN VDE 0100-410 VDE 0100-410:2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 4-41 – Schutzmaßnahmen; Schutz gegen elektrischen Schlag
- [12] DIN VDE 0100-430 VDE 0100-430:1991-11 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Schutzmaßnahmen; Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom
- [13] DIN VDE 0100-460 VDE 0100-460:2002-08 Errichten von Niederspannungsanlagen – Schutzmaßnahmen – Trennen und Schalten
- [14] DIN VDE 0100-530 VDE 0100-530:2005-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte
- [15] DIN VDE 0100-537 VDE 0100-537:1999-06 Elektrische Anlagen von Gebäuden – Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Geräte zum Trennen und Schalten
- [16] DIN VDE 0100-540 VDE 0100-540:2007-06 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V – Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter
- [17] DIN VDE 0100-723 VDE 0100-723:2005-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Unterrichtsräume mit Experimentiereinrichtungen
- [18] DIN VDE 0101 VDE 0101:2000-01 Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV
- [19] DIN EN 50191 VDE 0104:2001-01 Errichten und Betreiben elektrischer Prüfanlagen
- [20] EN 50110-1 VDE 0105-100:2005-06 Betrieb von elektrischen Anlagen – Allgemeine Festlegungen
- [21] DIN VDE 0105-112 VDE 0105-112:2008-06 Besondere Festlegungen für das Experimentieren mit elektrischer Energie in Unterrichtsräumen oder in dafür vorgesehenen Bereichen
- [22] DIN EN 50172 VDE 0108-100:2005-01 Sicherheitsbeleuchtungsanlagen
- [23] DIN VDE 0110 VDE 0110 Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel
- [24] DIN EN 60071-1 VDE 0111-1:2006-11 Isolationskoordination – Begriffe, Grundsätze und Anforderungen
- [25] DIN EN 60071-2 VDE 0111-2:1997-09 Isolationskoordination – Anwendungsrichtlinie
- [26] DIN EN 60204-1 VDE 0113-1:2007-06 Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [27] DIN VDE 0141 VDE 0141:2000-01 Erdungen für spezielle Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV
- [28] DIN EN 61010-1 VDE 0411-1:2002-08 Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Allgemeine Anforderungen
- [29] DIN EN 61010-031 VDE 0411-031:2002-11 Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 031: Sicherheitsbestimmungen für handgehaltenes Messzubehör zum Messen und Prüfen
- [30] DIN EN 61010-2-032 VDE 0411-2-032:2003-07 Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 2-032: Besondere Anforderungen für handgehaltene und handbediente Stromsonden für elektrische Messungen
- [31] DIN EN 50274 VDE 0660-514:2002-11 Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Schutz gegen elektrischen Schlag – Schutz gegen unbeabsichtigtes direktes Berühren gefährlicher aktiver Teile
- [32] DIN VDE 0701-0702 VDE 0701-0702:2008-06 Prüfungen nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte – Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte
- [33] DIN 57789-100 VDE 0789-100:1984-05 Unterrichtsräume und Laboratorien – Einrichtungsgegenstände – Sicherheitsbestimmungen für energieverSORgte Baueinheiten
- [34] DIN VDE 1000-10 VDE 1000-10:1995-05 Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen